

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1955

THÈSE

N° 336

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ÉTAT

PAR

François, André PERRISSIN-PIRASSET
né le 30 Juillet 1922 à Enghien-les-Bains (S&O)

Présentée et soutenue publiquement le 17 Juin 1955

DE LA POSSIBILITE D'EXECUTER
DES TOMOGRAPHIES OBLIQUES EN GENERAL
AVEC LE POLYTOME EN PARTICULIER.
APPLICATION A L'ETUDE DE L'ARBRE TRACHEO-BRONCHIQUE.

Président : Mr. DESGREZ, Professeur

EDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE . PARIS.V.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1955

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ÉTAT

PAR

François, André PERRISSIN-PIRASSET

né le 30 Juillet 1922 à Enghien-les-Bains (S&O)

Présentée et soutenue publiquement le 17 Juin 1955

DE LA POSSIBILITE D'EXECUTER
DES TOMOGRAPHIES OBLIQUES EN GENERAL
AVEC LE POLYTOME EN PARTICULIER.
APPLICATION A L'ETUDE DE L'ARBRE TRACHEO-BRONCHIQUE.

Président : Mr. DESGREZ, Professeur

EDITIONS A. G. H. M. P. — 8, RUE DANTE . PARIS-V.



PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Aubin (A.), Bénard (H.), Bulliard (H.), Cadenat (F.), Chabrol (E.), Champy (C.), Debré (R.), Fey (B.), Gastinel (P.), Halphen (E.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Lantuejoul (P.), Laroche (G.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Mathieu (P.), Mocquot (P.), Mondor (H.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulouquet (P.), Olivier (E.), Pasteur Valléry-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Quénu (J.), Richet (C.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.).

DOYEN Léon BINET.
Membre de l'Institut

1^{er} ASSESSEUR } Jean VERNE
2^e ASSESSEUR } Gaston CORDIER

I. — PROFESSEURS

1^o CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Anatomie	DELMAS (A.)
Anatomie pathologique	DELARUE (J.)
Anesthésiologie	BAUMANN (J.)
Biochimie médicale	{ JAYLE (M.-F.)
	{ SCHAPIRA (G.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports	CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Cancérologie médicale et sociale	BERNARD (J.)
Embryologie	GIROUD (A.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie (Lariboisière)	N...
Histologie	VERNE (J.)
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (P.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	PIEDELIEVRE (R.)
Microbiologie (Bactériologie et virologie)	FASQUELLE (R.)
Parasitologie	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	HUGUIER (J.)
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	MILLIEZ (P.)
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et thérapeutique générales	BOUDIN (G.)
Pharmacologie	CHEYMOL (J.)
Physiologie	{ BINET (L.)
	{ BARGETON (D.)
Physiologie et pathologie obstétricale	LEPAGE (F.)
Physique médicale	{ DOGNON (A.)
	{ DJOURNO (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	N...
Thérapeutique	CONTE (M.)

b) Professeurs à titre personnel :

Biochimie médicale	{ DESGREZ (P.)
	{ POLONOVSKI (J.)
Biologie médicale	BOURLIERE (F.)
Embryologie	TUCHMANN (H.)
Hygiène et médecine préventive	DEPARIS (M.)
Parasitologie	BRUMPT (L.-C.)
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
Pharmacologie	LÉVY (M ^{lle} J.)
Physiologie	PARROT (J.)
Physique médicale	KELLERSHOHN (L.)

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

	MM.
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)	REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)	MOUQUIN (M.)
Cliniques chirurgicales	Beaujon
	Cochin
	Hôtel-Dieu
	Pitié
	Saint-Antoine
	Salpêtrière
	Tenon
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants Malades)	FÈVRE (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et réparatrice (Cochin)	MERLE d'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)	GAUDART d'ALLAINES (F. de)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire (Laennec)	MATHEY (J.)
Clinique endocrinologique (Pitié)	DECOURT (J.)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)	LAMY (M.)
Clinique gynécologique (Broca)	FUNCK-BRENTANO (P.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)	DEGOS (R.)
Clinique des maladies des Enfants (Enfants-Malades)	CATHALA (J.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)	MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)	DELAY (J.)
Clinique des maladies métaboliques (Necker)	HAMBURGER (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)	MARCHAL (G.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)	CASTAIGNE (P.)
Cliniques médicales	Bouciaut
	Broussais
	Cochin
	Cochin
	Hôtel-Dieu
	Lariboisière
	Pitié
	Saint-Antoine
Clinique médicale d'hydrologie thérapeutique et climatologie (Bichat)	LENÈGRE (J.)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)	SOULIÉ (P.)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition (Hôtel-Dieu)	JUSTIN-BESANÇON (L.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)	BROUET (G.)
Clinique neurologique (Salpêtrière)	BARIÉTY (M.)
Cliniques obstétricales	SÈZE (S. de)
	DREYFUS (G.)
	KOURILSKY (R.)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)	DEBRAY (C.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)	GENNES (L. de)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)	DEROT (M.)
Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul)	DAVID (M.)
Clinique de pédiatrie sociale (Enfants-Malades)	GARCIN (R.)
Clinique de pneumo-phthisiologie (Laennec)	LACOMME (M.)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)	MERGER (R.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)	VARANGOT (J.)
Clinique stomatologique (Pitié)	RENARD (G.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)	AUBRY (M.)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)	LELONG (M.)
Clinique toxicologique	MARIE (J.)
Clinique traumatologique	BERNARD (E.)
Sémiologie médicale	MICHAUX (L.)
Sémiologie et clinique chirurgicales	COSTE (F.)
Clinique urologique (Necker)	DECHAUME (M.)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)	ROUX (M.)
	LEMAIRE (A.)
	GAULTIER (M.)
	PADOVANI (P.)
	DOMART (A.)
	POILLEUX (F.)
	GOUVELAIRE (R.)
	TURPIN (R.)

b) Professeurs à titre personnel :

Médecine	BOUR (H.)
	LHERMITTE (F.)
	PEQUIGNOT (H.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE, PROFESSEURS AGRÉGÉS ET MAÎTRES DE CONFÉRENCES - AGRÉGÉS

MM.

Anatomie	CABROL (G.) GOUINAUD (G.) GILLOT (G.) OLIVIER (G.)
Anatomie pathologique	CAUTHIER-VILLARS (M ^{lle} P.) pr. s. ch. ABELANET (R.) BUSSET (F.) CHOMETTE (G.) GOUYGOU (Ch.), m. conf. NEZELOFF (Ch.) ORCEL (L.) PAILLAS (J.)
Anesthésiologie	KERN (E.) VOURC'H (G.)
Bactériologie	BARBIER (P.) CHRISTOL (D.) LE MINOR (L.) TOURNIER (P.)
Biochimie médicale	BAULIEU Et. m. conf. BOURILLON (R.) CARTIER (P.) DREYFUS (J.-Cl.) GONNARD (P.) KRUH (J.) JEROME (H.)
Biologie appliquée à l'Education Physique et aux Sports	PLAS (F.)
Garcinologie	BOIRON (M.) DENOIX (P.) MATHE (G.) SELIGMANN (M.)
Dermato-Syphiligraphie	CIVATTE (J.) DUPERRAT (B.)
Electro-Radiologie	LEDoux-LEBARD (G.)
Hématologie	BESSIS (M.) BILSKI-PASQUIER (G.) DAUSSET (J.) DUMAMEL (G.)
Histologie	COUJARD (R.), pr. s. ch. MAROIS (M.) RACADOT (J.)
Hydrologie	BESANÇON (F.) CORNET (A.)
Hygiène	BOYER (J.) pr. s. ch. BLANCHER (G.) CORRE-HURST (M ^{me} L.) SAPIN-JALOUSTRE (H.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.) DUPONT (V.)
Médecine légale	DÉROBERT (L.), pr. s. ch. FOURNIER (E.) GUENIOT (M.) HADENGUE (A.)
Médecine du travail	ALBAHARY (C.)
Neuro-chirurgie	PERTUISET (B.)
Obstétrique	GRANJON (A.) HERVET (E.) LE LORIER (G.) LEVY (J.) MORIN (P.) MUSSET (R.) ROBEY (M.) SENEZE (J.) SUREAU (G.) THOYER-ROZAT (J.)
Ophtalmologie	BRÉGEAT (P.) DUBOIS (A.) SARAUX (H.)

MM.

Orthopédie	JUDET (R.) MEARY (R.) POSTEL (M.) RAMADIER (J.)
Oto-rhino-Laryngologie	DEBAIN (J.) PIALOUX (P.)
Parasitologie	GOLVAN (Y.) LAPIERRE (J.)
Pathologie chirurgicale	BARCAT (J.) BINET (J.-P.) GAUCHOIX (J.) GERBONNET (G.) CHATELIN (C.-L.) DUBOST (Ch.) DUBOST (Cl.) FAUREL (J.) FLABEAU (F.) GARBY (M.) GARNIER (H.) (Cl. de) GAUDART-d'ALLAINES GERMAIN (A.) LATASTE (J.) LEVEQUE (B.) LOYGUE (J.) MERCADIER (M.) NATALI (J.) PELLERIN (D.) PERROTIN (J.) ROBERT (H.) THOMERET (G.)
Pathologie exotique	SCHNEIDER (J.)
Pathologie expérimentale	BENHAMOU (J.-P.) BERTHAUX (P.) BOIVIN (P.) GROSNIER (J.) HARTMANN (L.) LÉPER (J.) MAURICE (J.) MIKOL (Cl.) RICHEL (G.)
Pathologie médicale	AUSSANNAIRE (M.) BOUVIER (J.) BOUVRAIN (Y.) BRICAIRE (H.) BRISSAUD (H.) BROCARD (H.) BUGE (A.) CATINAT (J.) CHRÉTIEN (J.) COBLENTZ (B.) CONTAMIN (F.) COURY (G.) ÉTIENNE (J.-P.) FREZAL (J.) FRITEL (D.) HENNEQUET (A.) HIMBERT (J.) HOUSSET (E.) LAROCHÉ (Cl.) LESOBRE (R.) MACREZ (G.) MOREAU (L.) NICK (J.) ROYER (P.) TOURNEUR (R.) WOLFROMM (R.)
Pédiatrie-Puériculture	JOSEPH (R.) LAFOURCADE (J.) LEPERCQ (G.) MANDE (R.) MOZIEONAGGI (P.) POLONOVSKI (C.) ROSSIER (A.) VIALATTE (J.)

	MM.		MM.
Pharmacologie	BOISSIER (J.) LECHAT (P.) BARRES (G.) DEJOURS (P.)	Psychiatrie	PICHOT (P.)
Physiologie	DURAND (J.) GIRARD m. conf. HUGELIN (A.) SCHERRER (J.) CHANTEUR (J.) GOUGEROT (L.), m. conf. pr. s. ch.	Psychiatrie infantile	DENIKER (P.) DUCHE (D.) FLAVIGNY (H.) LAPRESLE (J.)
Physique médicale	GREMY (F.) m. conf. MILHAUD (G.) PELLERIN (P.) ROUCAYROL (J.-Cl) TUBIANA (M.) m. conf.	Rhumatologie	DELBARRE (F.)
Pneumo phthisiologie	KREIS (B.) MEYER (A.) RENAULT (P.)	Stomatologie	CERNEA (P.) CHAPUT (M ^{me} A.) m. c. agr. GRELLET (M.)
		Thérapeutique	CHASSAGNE (P.) LAMOTTE (M.) MARCHE (J.)
		Urologie	AUVERT (J.) MOULONGUET (A.) QUENU (L.)

III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent.

	MM.		MM.
Anatomie	DEBEYRE (J.)	Clinique ophtalmologique	DESIGNES (P.) OFFRET (G.)
Clinique chirurgicale	ABOULKER (P.) AMELINE (A), pr. s. ch. VERNE (J.-M.)	Clinique oto-rhino-laryngo- logique	MADURO (R.)
Clinique médicale	PERRAULT (M.) RAMBERT (P.) THIEFFRY (S.)	Clinique pédiatrique et pué- riculture	LAPLANE (R.)
Clinique obstétricale	GRASSET (J.) MAYER (M.)	Clinique psychiatrique	BARUK (H.)
		Clinique urologique	KUSS (R.)

IV. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie	HAUDUROY (P.) Pr. s. ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr. s. ch.

V. - CHARGÉS DE COURS D'HYGIÈNE SCOLAIRE ET UNIVERSITAIRE

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)	BOLTANSKI (E.)
Secrétaire principal	Mlle CHAINTREUIL (G.)	LAUNAY (C.)
Conservateur en Chef de la Bibliothèque	M. le Docteur HAHN (A.)	
Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine		
Conservateur	Mlle DUMAITRE (P.)	
Bibliothécaires	Mmes CONTET (J.), FORGET (F.), Milles LAURENT (H.), LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.)	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A la mémoire de mon Père,

A ma Mère,

Bien faible témoignage de ma gratitude et de ma profonde affection.

A mes Beaux-Parents,

Avec mes sentiments affectueux et l'expression de ma reconnaissance.

A ma Femme

et à mon Fils Xavier

Avec toute ma tendresse.

A mon Beau-Frère,

le Docteur DARNAULT

En toute amitié.

A ma Famille,

A mes Amis.

A notre Président de Thèse,

Monsieur le Professeur H. DESGREZ,

Professeur de la Chaire de Physique Médicale à la
Faculté de Médecine de Paris

Chevalier de la Légion d'Honneur,

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter
la présidence de cette thèse.

En hommage de respectueuse reconnaissance.

A Monsieur le Docteur LEDOUX-LEBARD,

Radiologiste des Hôpitaux de Paris,

Qui nous a inspiré le sujet de cette thèse, dont
les conseils et l'enseignement nous furent très pré-
cieux pour la réalisation de ce travail.

En témoignage de notre vive reconnaissance.

A Monsieur le Docteur PROT,

Assistant Radiologiste des Hôpitaux de Paris,

Avec nos remerciements et toute notre amitié.

INTRODUCTION

=====

La tomographie a acquis maintenant sa place dans les explorations radiographiques classiques. Place bien méritée par la valeur des renseignements qu'elle apporte au diagnostic, seule ou associée à d'autres techniques en particulier dans les domaines pulmonaire et osseux.

Elle permet, en réalisant des radiographies en coupe des organes examinés, de dissocier les images dont les clichés standard ne nous donnent que la superposition. Les premières tomographies et celles qui sont les plus habituelles actuellement, se font selon les plans de références de notre univers, vertical et horizontal. Il faut reconnaître que ces orientations sont suffisantes dans les cas usuels. Elles n'en restent pas moins arbitraires. Il est toujours possible de reconstituer un objet de l'espace, à partir de plans de référence quelconques mais il existe en général pour celui-ci des plans qui sont privilégiés. Ainsi, un cylindre circulaire par exemple dont l'axe est incliné dans l'espace est bien défini par deux ellipses qui sont ses sections par un plan horizontal et un plan vertical.

Mais cette reconstitution n'est pas simple. Au contraire la section de ce cylindre par un plan parallèle à son axe donne deux droites et la section par un plan perpendiculaire à cet axe donne sa courbe génératrice, un cercle, dans ce cas. Ces deux coupes conduisent immédiatement au volume cylindrique. Quand on veut étudier la morphologie d'un objet, il y a donc intérêt à le couper selon les plans qui donneront de lui les sections les plus caractéristiques.

De même dans le corps humain, il existe des organes dont les sections caractéristiques sont orientées d'une façon quelconque dans l'espace. On conçoit que pour parvenir à en avoir une bonne représentation, il convienne de rechercher les plans de coupe qui donnent ces sections. D'où

l'intérêt dans ces cas de coupes obliques par rapport aux plans horizontaux ou verticaux. Il en est ainsi particulièrement de l'arbre trachéo-bronchique, comme le prouvent les belles tomographies de cette région que le Docteur FRAIN (Ch.) nous a présentées à la Société Française d'Electro-radiologie (15 Novembre 1954, communication des Docteurs Frain, Even, Roujeau, Marlois et Talamas).

C'est pourquoi nous nous proposons, dans notre travail, de rappeler les bases théoriques sur lesquelles reposent la tomographie, pour démontrer dans quelles conditions on peut obtenir légitimement les coupes obliques. Nous exposerons ensuite, comment techniquement, il est possible d'utiliser le polytome dans ce but à l'aide d'un dispositif que nous avons mis au point. Enfin, nous indiquerons comment on peut réaliser une exploration plus approfondie de l'arbre trachéo-bronchique à l'aide de cette technique.

oOo

PREMIERE PARTIE

ETUDE THEORIQUE

CHAPITRE I

DEFINITION - PLAN DE COUPE

Nous nous inspirerons pour cette étude du beau travail du Dr. DUHAMEL, car nous estimons que parmi tout ce qui a été écrit à ce sujet, c'est lui qui l'a traité magistralement dans sa plus grande généralité. Nous pensons aussi, que quiconque voudra aborder le problème de la tomographie pour l'étude d'un aspect particulier ou d'une extension, devra passer par les mêmes voies.

Définition

Le but de la tomographie est d'obtenir une dissociation des images superposées par des déplacements conjugués de deux des trois éléments en présence : ampoule, sujet, film.

La méthode consiste à obtenir une image nette d'une région privilégiée, tandis que les régions voisines seront floues. La région nette sera une surface que l'on appelle surface-coupe. Les points de cette surface auront pour image un point, les points situés en dehors de la surface auront pour une image une ligne ou trace que constitue leur sillage. Par analogie avec l'optique, on peut dire que pour les points de la surface-coupe, le stigmatisme est réalisé.

Théorèmes fondamentaux

Pour étudier la formation des images on admet que le foyer est un point, ce qui est nécessaire pour les calculs. En fait, on sait l'influence des dimensions du foyer sur la qualité des images. Ceci constitue un postulat.

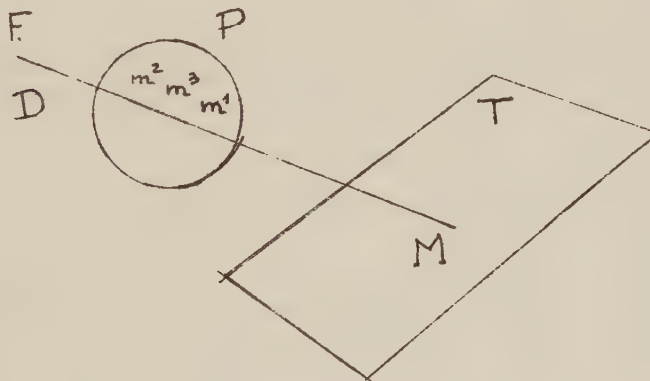
Le foyer F, le sujet H, et le film T sont en mouvement les uns par rapport aux autres et peuvent d'ailleurs être en mouvement par rapport à la salle.

Comme la cinématique en donne le droit, on peut toujours étudier le mouvement de deux des composantes par rapport à la troisième. Pour le calcul de géométrie analytique, le plus facile est de supposer le plan du film T fixe.

Nous désignerons les éléments du sujet H et du plan de coupe P par les lettres ordinaires, et ceux du plan T par des lettres majuscules.

Théorème I

S'il existe une surface-coupe P, elle n'est coupée qu'en un point autre que F par une droite issue du foyer F.



En effet, soit une droite D issue de F elle coupe la surface P en un point m_1 . S'il existe un deuxième point m_2 sur F m_1 la condition de stigmatisme est réalisée pour les deux points m_1, m_2 dont l'image est M dans le plan T. Si ces deux points existent, tous les points du segment m_1, m_2 et en particulier un troisième point m_3 , auront aussi leur image en M. Ceci n'est possible que si F est lié à P ce qui entraîne que T le soit aussi pour que les images soient ponctuelles. Finalement, film, sujet et foyer, sont au repos. Il s'agit alors d'une radiographie ordinaire.

Théorème 2 -

1 - Si le film T est un plan, la surface-coupe P est forcément plane.

Supposons que P soit une surface gauche. Prenons sur T, trois points A, B, C, formant un triangle. Le plan F.A.B. coupe la surface P suivant une courbe C1 pour laquelle le stigmatisme est réalisé. Au cours du déplacement la courbe C1 devra avoir pour image la droite A B, F est donc astreint à se déplacer dans le plan F.A.B. De même les plans F.A.C., F.B.C. et leurs courbes C2 et C3 d'intersection avec P impliquent que F devra rester dans les plans F.A.C. et F.B.C. La position de F est donc fixée au sommet du tétraèdre F.A.B.C. et c'est la radiographie ordinaire.

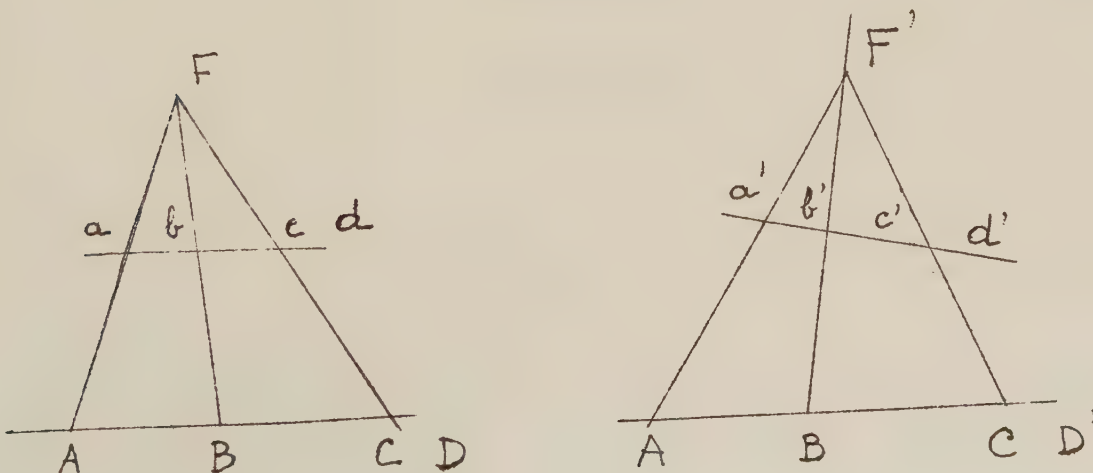
Le mouvement de F ne sera possible que si les courbes C1, C2, C3 ne déterminent par un plan, c'est-à-dire sont des droites, a b, a c, b c, a,b,c, étant les points de P correspondants à A B C.

La surface coupe, est alors un plan déterminé par a, b, c,.

2 - Le mouvement du plan de coupe P est une translation ou une rotation dont l'axe reste parallèle à lui-même au cours du déplacement.

Ceci veut dire qu'au cours du déplacement une direction du plan P reste constante. Cette direction est celle de l'axe de rotation.

A l'instant initial le plan P coupe T suivant une droite R (nous verrons plus tard qu'elle est à l'infini). Choisissons dans P une droite d parallèle à R dont l'image sera D qui est évidemment parallèle à d, et R.



Choisissons sur la droite d, trois points a, b, c, dont les images sont A B C sur D. La condition de stigmatisme est réalisée pour tous ces points. D'après le théorème de THALES :

$$(1) \frac{\overline{ac}}{\overline{ab}} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} \quad \text{et} \quad \frac{\overline{ab}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{aF}}{\overline{AF}} = \frac{\overline{bF}}{\overline{BF}} = \frac{\overline{cF}}{\overline{CF}}$$

Un instant après, F, la droite d, les points a, b, c, occupent les positions F', a', a', b', c'. Les images de a' b' c' sont toujours A B C et comme d s'est déplacé en bloc, a c = a' c' a b = a' b'.

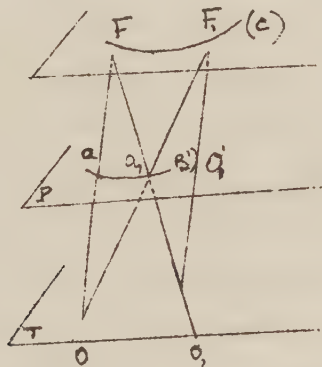
La relation (1) est vraie puisque la condition de stigmatisme est vérifiée pour a, b, c :

$$\frac{\overline{a' c'}}{\overline{a' b'}} = \frac{\overline{A C}}{\overline{A B}}$$

ce qui suffit pour affirmer que d' est encore parallèle à D. Au cours du déplacement de P une droite parallèle à R le reste c'est ce qu'il fallait démontrer. Si P subit une rotation par rapport au film, son axe est parallèle à R.

Corollaire

Si l'on suppose que la condition de stigmatisme est réalisée pour un point c, dont l'image est O, la trajectoire (C) de F, se déduit de celle (g) de o, par une homothétie, de centre O.



Le plan de coupe P passe par o.

Prenons dans P une droite o, o₁, parallèle à T, o a son image en O, le foyer étant en F, quand o est en o₁, F est venu en F₁ I le foyer étant en F₁ o₂ a par image O et quand F est venu en F₁ o₁ est venu en o'₁ dont l'image est O₁.

$$\frac{\overline{oo,}}{\overline{OO,}} = \frac{\overline{oF}}{\overline{OF}} = \text{Cte.} = \frac{\overline{o,o,}}{\overline{OO,}} = \frac{\overline{o,F,}}{\overline{OF,}}$$

La trajectoire de F se déduit de celle (g) de o par une homothétie.

Théorème 3 -

Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il existe dans le sujet H une surface de coupe répondant à la condition de stigmatisme, cette condition étant vérifiée pour un point o, dont l'image est O, sont que :

- 1 - la trajectoire (C) du foyer F soit dans l'espace relatif à T homothétique de la trajectoire (g) de o, dans une homothétie de sommet O.
- 2 - que H soit animé d'un mouvement de translation. Dans ces conditions la surface-coupe P sera un plan parallèle à T passant par o.

A - LES CONDITIONS SONT NECESSAIRES

Nous avons démontré que la surface-coupe si elle existe est un plan qui passe par O, et que la trajectoire de F se déduisait de celle de o, par une homothétie. Il reste à démontrer que le mouvement de T est une translation et que P est parallèle à T.

Rapportons pour cela la figure aux axes suivants dans le plan T. Leur origine est le point O. L'axe des z est perpendiculaire à T. Supposons que le plan P coupe T, suivant une droite R.

Choisissons O y, parallèle à R.

O x, est perpendiculaire à O y et O z, dans le plan T; soit un point m, du plan de coupe P tel que o m, soit parallèle à x O z.

Comme la direction R se conserve au cours du déplacement de P, o m, reste parallèle à x O z.

Soit φ l'angle que fait o m avec une parallèle à O x mené par o. Si le plan est animé d'une rotation autour de R., φ est fonction du temps et, connaissant la position du point o, la position du plan de coupe P est bien définie. La position du foyer F dépend du temps et ses coordonnées sont :

$$\begin{cases} x_F = f(t) & y_F = g(t) & z = h(t) \end{cases}$$

celles de o, sont :

$$\begin{cases} x_p = kf(t) & y_o = kg(t) & z_o = kn(t) \end{cases}$$

k étant le rapport d'homothétie de centre O.

Si d = o m, les coordonnées de m sont :

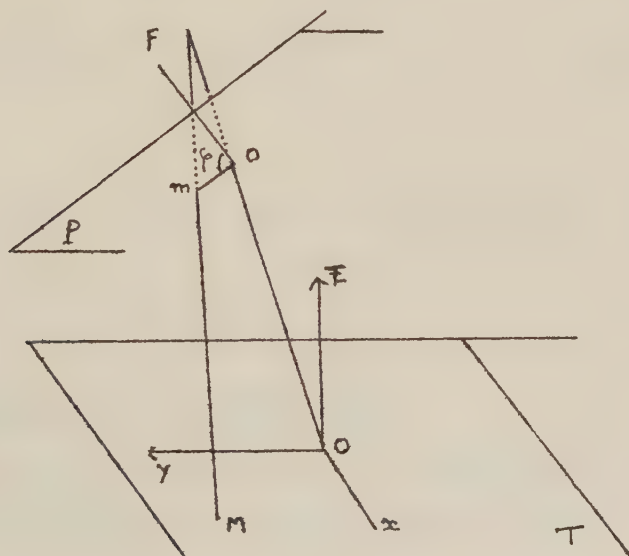
$$\begin{cases} x_m = x + d \cos \varphi & = kf + d \cos \varphi \\ y_m = y & = kg \\ z_m = z + d \sin \varphi & = kh + d \sin \varphi \end{cases}$$

Comme la condition de stigmatisme est réalisée pour m qui est dans le plan P les coordonnées de M ; image de m sont :

$$\begin{aligned} x_M &= X \\ y_M &= Y & X \text{ et } Y \text{ sont des constantes.} \\ z_M &= 0 \end{aligned}$$

Pour les calculer on écrit que F m rencontrent T au point M, c'est-à-dire que les projections du rapport $\frac{M m}{M F} = k'$ sont les mêmes sur les trois axes, car M m F sont alignés, d'où :

$$\frac{kf + d \cos \varphi - X}{f - x} = \frac{kg - Y}{g - Y} = \frac{kh + d \sin \varphi}{h} = k'$$



Ces relations impliquent que $\frac{kg - Y}{g - Y}$ soit une constante ce qui ne peut être réalisé que de deux façons :

1er cas : si g est variable, $Y = 0$, ce qui entraîne que :

M est sur Ox

$$k = k'$$

ce qui implique que om est parallèle à Ox au cours du déplacement.

La surface-coupe ne subit pas de rotation et le sujet H qui lui est lié non plus.

P est en outre parallèle à T et R est rejetée à l'infini, ce qu'il fallait démontrer.

2ème cas

Si g est une constante, F , décrit une trajectoire (C) plane dans un plan perpendiculaire à T .

Si $g = 0$, ce qui est possible en choisissant O , o et m seront dans le plan de C .

$$Y = 0 \text{ et } \frac{kg - Y}{g - Y} \text{ est indéterminé}$$

en éliminant φ on trouve que (C) est un cercle d'équation :

$$(f^2 + h^2) (k-k')^2 - 2 fX (I-k') (k-k') + X^2 (I-k)^2 - d^2 = 0$$

son rayon est : $\frac{d(I-k')}{k-k'}$ son centre est sur Ox à une distance $\frac{X(I-k')}{k-k'}$ de O .

3ème cas

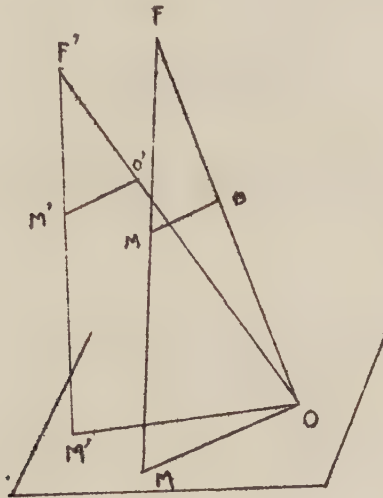
si $k = 0$, o est dans T et la condition de possibilité est que $k' = 0$ et $Y = 0$ et P est confondu avec T .

H est lié au film et reste immobile.

B - LES CONDITIONS SONT SUFFISANTES

Si la condition de stigmatisme est réalisée pour un point o dont l'image est O et si le sujet H est animé d'un mouvement de translation

la condition de stigmatisme étant respectée pour le mouvement du foyer F. La condition de stigmatisme sera vérifiée pour tous points m d'un plan P, parallèle à T, et passant par o.



soit M image de m, on a pour image OM qui lui est parallèle et de même sens.

$OM = k om$ (théorème de THALES). Quand F, o, m sont venus en F'o' m' l'image de o' est toujours O celle de m' est M'. On démontre de même que OM' est parallèle à o' m' et de même sens. Donc OM' est parallèle à o' m' donc à o m et O M.

$$OM' = k o'm' = k om = OM.$$

Ce qui veut dire que M et M' sont confondus.

Le stigmatisme est vérifié pour m. et il y a une surface-coupe qui est le plan P.

Conclusion :

Cette étude permet d'affirmer que la direction du plan de coupe est celle du film si celui-ci est un plan. Si dans l'appareil de tomographie le sujet est fixe et le film mobile, celui-ci doit se déplacer parallèlement à lui-même. Il n'y a donc théoriquement pas de difficulté à obtenir un plan de coupe d'orientation variable en faisant varier l'orientation du film, et cela dans tous les sens.

CHAPITRE II

CLASSIFICATION DES PROCEDES DE TOMOGRAPHIE

Habituellement c'est sur le mécanisme adopté que l'on se fonde pour classer les procédés de tomographie.

Ainsi on peut définir trois groupes :

Groupe I - ou F est mobile, H fixe et T mobile.

Groupe II - ou F est fixe, H et T sont mobiles.

Groupe III - F et H sont mobiles et T fixe.

Les deux premiers groupes sont les seuls utilisés car le moindre poids se trouve en T et l'on a donc avantage mécaniquement à laisser fixe au moins une des composantes les plus lourdes.

Il est plus rationnel, comme le précise le Dr. DUHAMEL de faire une classification géométrique fondée sur la trajectoire (C) du foyer, dans l'espace relatif au film. On peut donc considérer les classes suivantes :

CLASSE A :

La courbe (C) trajectoire du foyer par rapport au film est une courbe plane, son plan est parallèle au film, et avec les notations utilisées au chapitre A :

$z = (ht)$ = la distance focale qui est constante.

1 - (C) est une droite : c'est le cas du planigraphe

2 - (C) est une courbe :

a - la trajectoire du foyer est un cercle : c'est le cas du biotome.

b - La trajectoire du foyer est une autre courbe. La spirale par exemple a été utilisée.

CLASSE B :

La trajectoire du foyer est une courbe plane dont le plan est perpendiculaire au film : $h(t)$ n'est plus une constante.

1 - la courbe (C) est une droite :

a - les appareils de la classe A. I° en font partie

b - KIEFFER a proposé un appareil destiné à obtenir des coupes horizontales où la trajectoire (C) de F est une droite perpendiculaire au film.

2 - La courbe C est un cercle :

le centre de ce cercle est un point O du film.

a - groupe I classique :

c'est le cas des tomographies de CHAUL et GROSSMANN.

b - Groupe II classique :

il s'agit de l'appareil de VALLEBONA-BOZZETTI.

CLASSE C

La trajectoire (C) échappe aux classes A et B.

1 - H est mobile par rapport à T il n'y a pas d'appareil de ce type.

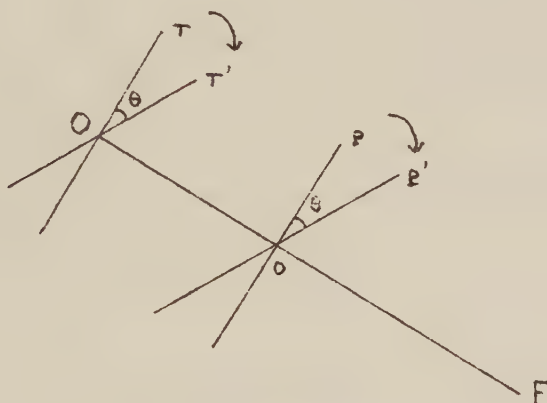
2 - H est fixe par rapport à T : ce sont les "tomographes de contact"

3 - La courbe C est une courbe gauche. C'est le cas en particulier d'une courbe tracée sur une sphère, ce qui est réalisé dans le polytome de MASSIOT. Il s'agit dans ce cas d'une association des classes A 2° et B 2°.

Grâce à cette classification on voit qu'un procédé peut passer d'une classe à une autre suivant la direction du film.

On constate également que les procédés de la classe B2° VALLEBONA et GROSSMANN sont équivalents géométriquement. Ainsi dans le procédé VALLEBONA, le foyer est fixe et le sujet et le film sont animés de rotations synchrones autour de deux axes, o et O , verticaux, tels que F , o et O soient dans un même plan. La courbe (C) de F dans l'espace relatif au film T est un cercle de centre O et de rayon OF .

Il en est de même dans l'appareil où P et le sujet H sont fixes, alors que le foyer et le film décrivent des cercles concentriques ou des courbes homothétiques tracés sur des calottes sphériques concentriques. Ce qui est le cas du polytome.



D'une manière générale, à tout procédé de foyer mobile on peut faire correspondre un procédé à foyer fixe possédant même trajectoire relative de foyer C.

CHAPITRE III

IMAGE D'UN POINT EN DEHORS DU PLAN DE COUPE

Nous avons vu que le plan de coupe est défini par la condition de stigmatisme.

Au cours du déplacement tomographique, l'image d'un point m de ce plan reste fixe en M sur le film T . P est le seul plan à jouir de cette propriété, l'image de tout point s qui n'y sera pas situé, sera une ligne. C'est ce qu'on appelle la trace ou sillage de s . Cette trace dépend évidemment de la trajectoire (C) du foyer.

Pour l'étudier, dans sa plus grande généralité, il n'est qu'un moyen, la géométrie analytique.

A - Notations

Reprenons celles du Chapitre I.

Les coordonnées de F , sont $f(t)$, $g(t)$, $h(t)$

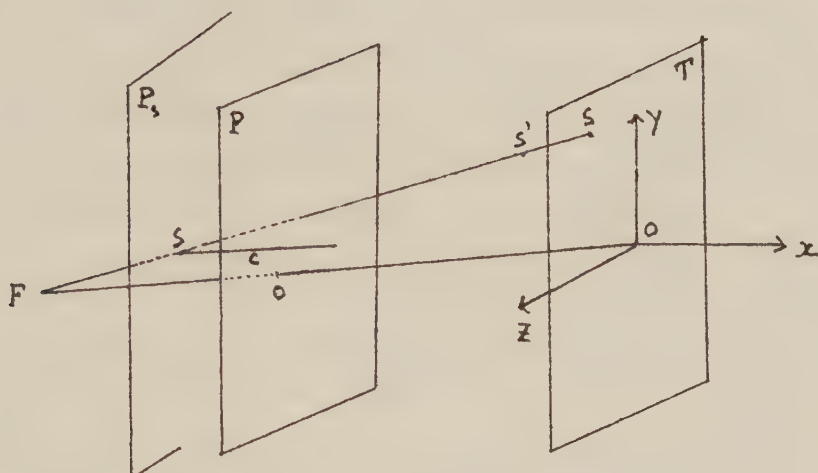
Les coordonnées de o , dans le plan P dont l'image est O dans I sont : kf , kg , kh .

Soit un point s , non situé dans le plan P , de coordonnées $kf + a$, $kg + b$, $kh + c$,

Le lieu de s est un plan P_s parallèle à P et au film situé à une distance c de P .

Pour que, physiquement, il y ait des solutions, il faut évidemment que o et s soient situés entre le foyer et le film pour qu'ils aient des images. Ce qui se traduit algébriquement par :

$$(1) \quad 0 \leq k < 1, \quad h(kh + c) > 0, \quad h[(1-k)h - c] > 0$$



B - Image instantanée de s

C'est dans le plan T un point S dont les coordonnées sont X et Y. par rapport à O fournies par les relations qui expriment que F, s, S sont en ligne droite.

$$(2) \quad \frac{f - x_s}{(1-k)f-a} = \frac{g - y_s}{(1-k)g-b} = \frac{k - c}{(1-k)h-c}$$

dont on tire :

$$X_S = \frac{ah - af}{(1-k)h-c}$$

$$(3) \quad Y_S = \frac{bh - eg}{(1-k)h-c}$$

Le dénominateur égale la distance de F au plan P_s de s, parallèle à P.

X et Y sont des fonctions du temps.

S, décrira une courbe (S) dont les coordonnées paramétriques sont les relations (3).

C - Forme de la courbe (S)

Le rayon FS rencontre en S' un plan T' parallèle à T et situé à une distance $\frac{c}{1-k}$ de celui-ci telle que :

$$x_{S'} = \frac{a}{1-k} \quad y_{S'} = \frac{b}{1-k} \quad z_{S'} = \frac{c}{1-k}$$

qui sont les coordonnées de S' , et S' est un point fixe.

Le lieu du rayon F.S. est donc un cône de sommet S' ayant la courbe (C) pour directrice. L'intersection de ce cône avec le plan du film T. sera le lieu des points S c'est-à-dire la trace de S. Elle pourra être de degré différent de (C) mais sera souvent semblable.

Si (C) est une droite, le cône est un plan.

Les traces (S) seront des droites qui n'auront la direction de (C) que si (C) est parallèle à T.

Pour toutes les courbes (C) de la Classe A c'est-à-dire parallèles au film, (S) sera une courbe qui se déduit de (C) par une homothétie de centre S' . Le rapport d'homothétie étant :

$$\frac{\frac{C}{1-k}}{h - \frac{C}{1-k}} = \frac{C}{(1-k)h - c}$$

Pour les courbes (C) de la classe B2 c'est-à-dire les cercles perpendiculaires à T, le cône est du second degré et (S) sera un arc d'hyperbole, car T. coupe (C) en deux points réels.

Un cas plus particulier est constitué par les mouvements où la trajectoire du foyer est une droite parallèle à T. (classe A I°). Tous les points situés dans un plan passant par (C) ont même trace. Ils seront très difficiles à séparer surtout si dans le sujet existe des lignes ou des figures organisées parallèles à (C).

D - Déplacement de l'image d'un point S. non situé dans le plan de coupe.

1 - Cas général

Soit S l'image du point s à l'instant t. et S' son image à l'instant t' . (ce point S' est différent du point S' point stigmatique de S du paragraphe précédent, ceci pour l'homogénéité des notations). On appelle déplacement de l'image le segment SS' .

La longueur SS' se déduit des relations (3).

A l'instant t' , f , g , h sont devenus f' , g' , $g' h''$.

$$\overline{S S'}^2 = (X' - X)^2 + (Y' - Y)^2$$

$$(4) \quad \overline{S S'}^2 = \frac{c^2}{[(1-k)h-c]^2 [(1-k)h'-c]^2} \times \left[a(h-h')^2 + (1-k)(fh'-hf') \right. \\ \left. + c(f'-f)^2 \right]^2 + \left[b(h-h') + (1-k)(gh'-g'h) + c(g'-g) \right]^2$$

C'est la formule générale.

Dans certains cas particuliers, la formule se simplifie considérablement.

2° - Courbe (C) de la classe A

Ce sont des courbes planes parallèles au plan du film. h est constant, $\overline{S S'}$ se déduit par homothétie de $\overline{F F'}$ et

$$(5) \quad \overline{S S'} = \frac{C}{(1-k)h-c} \quad F F'$$

Il est le même pour tous les points de P_s . Si $\frac{c}{(1-k)h-c}$ est positif, P_s est entre P et F .

$S S'$ a le même sens que $F F'$. C'est-à-dire que l'image se sera déplacée dans le même sens que le foyer. Dans le cas contraire c'est évidemment l'inverse.

3° - Courbe (C) de la Classe B.

Ce sont des courbes planes perpendiculaires au plan du film. Dans le cas des courbes B 2° la trajectoire de F est un cercle de centre O , et de rayon R , F se déplace dans le plan perpendiculaire à T . Θ est l'angle de $F O$, avec le rayon normal à P .

$$f = 0 \quad g = R \sin \Theta \quad h = R \cos \Theta$$

L'angle Θ varie avec le temps. Habituellement le balayage est symétrique et dans un déplacement $\Theta \rightarrow \Theta'$ de part et d'autre d'un rayon normal

$\Theta \rightarrow \Theta'$. on a :

$$(6) \quad \overline{S S'} = \frac{2 CR \sin \Theta}{(1-k)R \cos \Theta - c}$$

Angle de coupe

La médiatrice du segment FF' déplacement du foyer coupe le film au point O , les angles que font FO et $F'O$ avec cette médiatrice qui est le rayon normal, sont égaux dans les balayages symétriques, soit θ . L'angle maximum de balayage est $2\theta =$ sous lequel on voit FF' de O . On appelle H angle de coupe maximum.

$$FF' = 2 h \tan \theta = 2h \tan \frac{H}{2}$$

Les valeurs du déplacement SS' peuvent s'écrire :

$$SS' = \frac{C}{(1-k)h-c} \quad 2 h \tan \frac{H}{2} \quad \text{pour les courbes de la classe A.}$$

$$SS' = \frac{2 CR \sin \frac{H}{2}}{(1-k)R \cos \frac{H}{2} - C} \quad \text{pour les courbes de la classe B2°}$$

pour lesquelles H étant la valeur maximum de l'angle de coupe, SS' est également le déplacement maximum.

Si nous considérons la courbe (S) lieu du point S , elle est coupée par une droite en des points S_1, S_2, S_n parmi les droites joignant deux de ces points, il en existe une plus grande que les autres elle correspond au déplacement maximum.

1° - Les courbes de la classe B2°

SS' est maximum pour $H/2$ maximum.

2° - Courbes de la classe A

La formule (5) montre que SS' est maximum pour FF' maximum pour une même valeur de h , car si h diminue pour une même valeur de FF' on a un angle θ plus grand. Il en est d'ailleurs de même de R pour les courbes de la classe B2°; quand R diminue, pour une même valeur de FF' maximum, H croît.

Dans tous les cas, pour avoir un plus grand flou dû au déplacement de l'image, il convient d'accroître H pour un même h , ou si H est déterminé, de diminuer h .

CHAPITRE IV

EPAISSEUR DE LA TRANCHE DE COUPE

En raisonnant toujours dans l'approximation géométrique où nous nous sommes placés pour le calcul, un point sera considéré comme étant dans la tranche de coupe, s'il reste net. A partir de quel déplacement un point peut-il être considéré comme encore net ? Ceci est arbitraire. De toutes façons, appelons d cette valeur maximum du déplacement tolérable.

Pour qu'un objet suffisamment petit puisse être considéré comme net, il faut que sa trace ait un déplacement maximum d. Ceci se traduit par la relation :

$$SS' \leq d \qquad SS'^2 \leq d^2$$

1 - Courbe de la classe A ;

Si on appelle D le déplacement maximum du foyer,

$$\overline{SS'} = \frac{C D}{(I - K)h - c} \quad \text{et} \quad \overline{SS'}^2 \leq d^2$$

ce qui signifie que c considéré comme la variable, doit être compris entre les racines de l'équation :

$$(d^2 - D^2) c^2 - 2 (I-K) h d^2 c + (I-K)^2 h^2 d^2 = 0$$

le discriminant $(I-K)^2 h^2 d^2 D^2$
est toujours positif.

$$c = \frac{(I-K) h d^2 \pm (I-K) h d D}{d^2 - D^2}$$

Une racine c_1 est positive, l'autre c_2 est négative. La racine négative est plus grande en valeur absolue que la positive. Le plan P_1 correspondant à c_1 compris entre le plan de coupe et le foyer est plus près de P, que P_2 , correspondant à c_2 compris entre la coupe et le film. Ce qui veut dire qu'un point situé entre le plan de coupe et le film sera net plus longtemps qu'un point situé entre le plan de coupe et le foyer. L'épaisseur de la couche est $e = 2 \frac{(1 - k) h d D}{d^2 - D^2}$

et en négligeant d devant $D = 2 \frac{(1-k) h d}{D}$

2 - Courbe de la classe B2

On a de même

$$d^2 = \left[\frac{(2C R \sin \theta}{(h-K) R \cos \theta} - C \right]^2 \geq 0$$

$$(d^2 - A.R^2 \sin^2 \theta) C^2 - 2C (1-K) R d^2 \cos \theta + (1-K)^2 R^2 d^2 \cos^2 \theta = 0$$

le discriminant est :

$$A (1-K)^2 R^4 d^2 \cos^2 \theta \sin^2 \theta$$

il est toujours positif.

L'équation a deux racines :

$$c = \frac{(1-K) R d^2 \cos \theta \pm (1-K) 2 R^2 d \cos \theta \sin \theta}{d^2 - 4 R^2 \sin^2 \theta}$$

$$\text{et } e : 4 \frac{(1-K) R^2 d \cos \theta \sin \theta}{d^2 - 4 R^2 \sin^2 \theta}$$

d est négligeable devant $2R \sin \theta$ et si $\theta/2$ est la valeur maximum de :

$$e = \frac{(1-K)d}{\lg \theta / 2}$$

formule identique à $e=2 \frac{(1-K) k d}{D}$

des courbes de la classe A en remarquant que $D = 2 h \lg \theta / 2$

$$\frac{(1-K d)}{\lg \theta / 2}$$

On constate que les coupes sont d'autant plus fines que l'angle de coupe est grand.

Cependant cette notion d'épaisseur de coupe repose sur une donnée arbitraire le déplacement d , et donne un résultat qui ne correspond pas à une réalité nettement définie comme le prouve l'étude des images.

oOo

CHAPITRE V

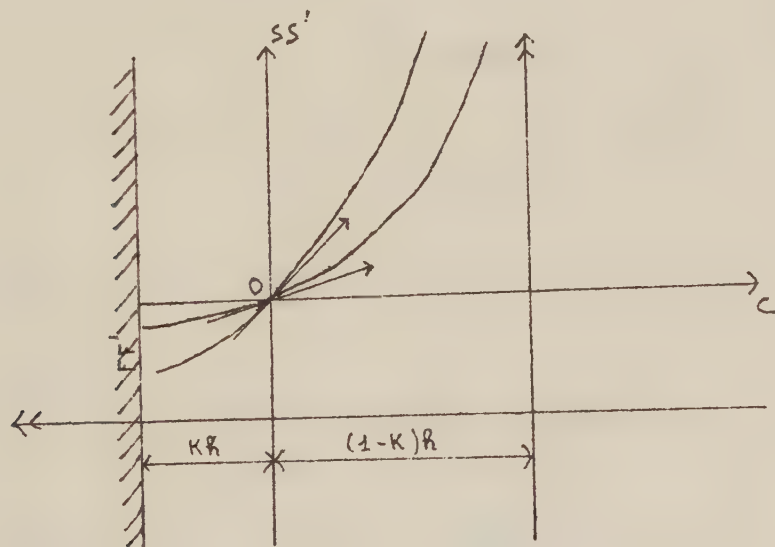
COEFFICIENT OU PUISSANCE DE COUPE

C'est pourquoi nous allons proposer une autre notion qui, croyons-nous, serait plus objective.

Les courbes (S), traces des points a en dehors du plan de coupe, dans le cas des courbes (c) de la classe A sont telles que :

$$\overline{SS'} = \frac{c}{(1-k)h - c} FF'$$

sont des hyperboles, fonctions croissantes de c. Elles constituent un faisceau d'hyperboles équilatères passant par o.



Les courbes correspondantes aux coupes les plus fines dans le langage habituel sont les courbes les plus rapidement croissantes. Ce sont celles qui font correspondre les plus grandes valeurs de SS' à une même valeur de c .

Ces courbes ne se coupent qu'en un point à distance finie, le point o.

Chacune d'elles est entièrement située d'un même côté de sa tangente à l'origine.

Par conséquent, la pente de cette tangente donnera pour chaque hyperbole une notion exacte de sa rapidité de croissance aux environs du point o, et par suite de l'intensité du flou produit.

Cette valeur sera également parfaite pour classer les hyperboles dans l'ordre des variations du flou produit. Car la classification des courbes, selon la pente de leur tangente à l'origine est exactement superposable à celle des courbes dans l'espace. Plus la pente de la tangente à l'origine est grande, plus l'hyperbole correspondante fait correspondre un grand flou de l'image d'un point situé à une distance c, du plan de coupe.

Considérons la dérivée de l'équation de l'hyperbole donnant le déplacement SS', on sera l'équation de la tangente à la courbe.

$$\frac{d SS'}{d c} = \frac{(1-K) h}{[(1-K) h - c]^2} \times FF'$$

A l'origine o, c = 0 et la tangente en ce point a pour pente :

$$P_c = \frac{FF'}{(1-k) h} \quad \text{comme } FF' = 2 h \operatorname{tg} \frac{(\textcircled{H})}{2}$$

$$P_c = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{(\textcircled{H})}{2}}{1 - K}$$

De même pour les courbes de la classe B2

$$\frac{d SS'}{d c} = \frac{(1-K) R \cos \theta}{[(1-K) R \cos \theta - c]^2} \frac{2 R \sin \theta}{\sin \theta}$$

pour c = 0

$$\frac{d SS'}{d c} = \frac{2 \sin \theta}{(1-K) \cos \theta} \quad \text{et :}$$

$$P_c = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{(\textcircled{H})}{2}}{1-K}$$

C'est ce que nous appellerons coefficient ou puissance de coupe.

Ce coefficient n'a pas de dimension, c'est un nombre (comme la densité). Il lie H et k , mais par la tangente de $(H)/2$, FF' et h interviennent par leur rapport $\frac{FF'}{h}$.

Par conséquent notre coefficient donne la même valeur pour les appareils présentant des valeurs de FF' et de h différentes, mais liées par leur rapport.

Il permet donc de comparer des appareils de classes différentes A et B2, d'une part, et d'autre part des appareils de caractéristiques différentes par leur pouvoir de coupe, car un appareil tomographique est déterminé par les 3 valeurs k , FF' , h .

CHAPITRE I

TERMINOLOGIE DES PLANS DE COUPE OBLIQUES

Définition :

Les coupes habituelles sont des coupes frontales c'est-à-dire que le plan de coupe est parallèle au plan frontal du sujet.

On réalise maintenant des coupes horizontales ou transverses perpendiculaires à l'axe longitudinal du sujet.

Une coupe oblique sera une coupe dont le plan fera un certain angle par rapport à ces orientations.

Nous nous référerons au plan frontal et au plan sagittal. Pour raisonner plus facilement, choisissons un sujet anatomique le thorax.

A - Considérons le sujet placé le dos à la table, donc face au tube. Soit P F le plan frontal correspondant au plan de coupe frontal parallèle à la table, à la distance d, du plan postérieur du sujet, il contient l'axe de rotation du tomographe.

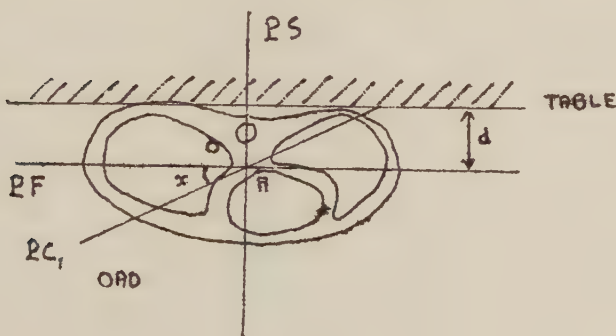


Fig 1

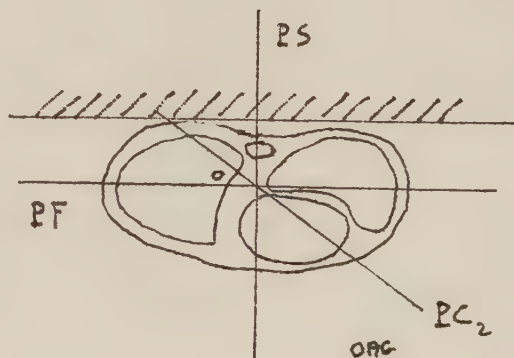


Fig 2

soit P.S. le plan sagittal.

PF et PS se coupent suivant une droite A verticale si le sujet est assis, horizontale si le sujet est couché. C'est-à-dire que cette droite est perpendiculaire à l'axe de rotation du tomographe et passe par le point O qui est l'intersection de cet axe avec le rayon principal.

Différents plans obliques

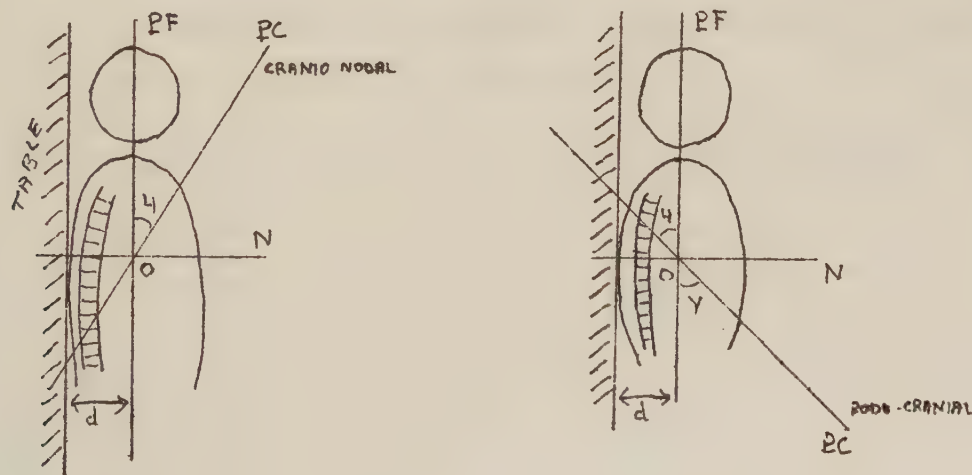
Les plans obliques sont de plusieurs sortes :

1 - Les plans tels que PC_1 passant par l'axe AO et faisant avec le plan frontal PF situé à d cm du plan postérieur du sujet un certain angle α . Si cet angle est tel que le plan PC traverse le quadrant antérieur droit - les 4 quadrants étant déterminés par PS et PF se coupant suivant AO) nous parlerons d'un plan de coupe oblique antérieur droit (fig. 1)

De même fig. (2) on parlera de plan oblique antérieur gauche pour un plan traversant le quadrant antérieur gauche. On pourra définir de tels plans obliques en disant : sujet de face, plan oblique antérieur droit de α degrés à d centimètres.

2 - En conservant les mêmes références :

plan frontal PF à d cm. du plan postérieur de la table et point O projection de l'axe de rotation, sujet de face nous aurons des plans obliques par rapport au plan frontal qui occupent ce plan suivant une droite



horizontale passant par O. ON est le rayon normal. Ces plans font avec PF un angle y . Nous les appellerons plans obliques crânio-podaux ou podo-crâniaux selon que leur direction antéro-postérieure sera oblique de la tête vers les pieds ou des pieds vers la tête.

Les plans crânio-podaux sont compris dans le quadrant antéro-supérieur formé par PF et ON et les podo-crâniaux dans le quadrant antéro-inférieur.

Nous les désignerons :

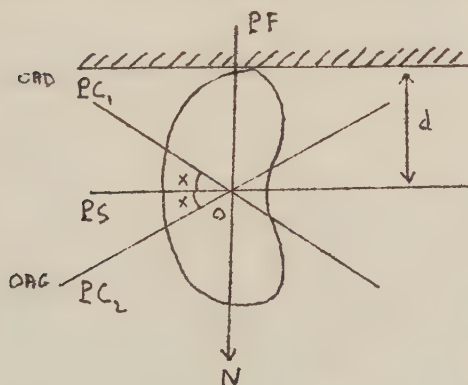
sujet de face, plan oblique crânio-podal de y° à d cm, ou plan oblique crânio-podal de y° par rapport au plan frontal de d cm.

Ce sont les incidences qui nous ont semblé devoir être le plus souvent utilisées

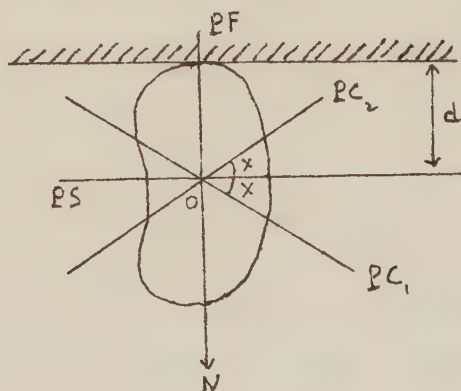
B - SUJET DE PROFIL PAR RAPPORT A LA TABLE

Le plan de préférence est devenu le plan sagittal passant par O à d cm de la table. Les angles d'obliquité étant comptés à partir de la position initiale de la cassette parallèle à la table donc au plan sagittal, c'est bien par rapport à celui-ci qu'ils seront mesurés.

1 - Plan passant par une droite perpendiculaire à l'axe de rotation du tomographe et par le point O et faisant avec le plan sagittal PS un angle de X° . PF est le plan frontal passant par le rayon normal à la table ON. Nous appellerons encore plan oblique antérieur droit ou gauche des plans PC₁ et PC₂ situés dans les quadrants antérieur droit et antérieur gauche par rapport au sujet. Nous les désignerons :



TABLE



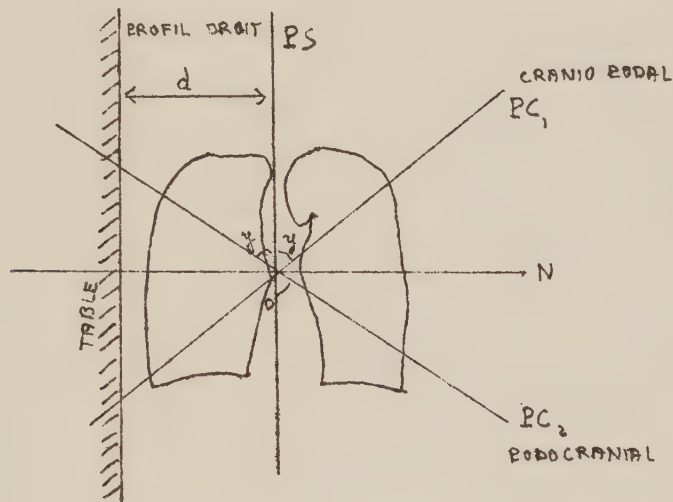
sujet de profil. Plan oblique antérieur droit ou gauche de X° à d cm.

Ou plans obliques antérieurs droit ou gauche de X° par rapport au plan sagittal situé à d cm.

On remarquera d'ailleurs qu'un angle de X° par rapport au plan sagittal correspond dans ces conditions à un angle $\frac{\pi}{2} - X^\circ$ par rapport au plan frontal.

2 - plans obliques passant par l'axe de rotation du tomographe et faisant un angle de y° avec le plan sagittal. En précisant si le sujet est en profil droit ou gauche, nous pourrons conserver la nomenclature de A 2° et ainsi nous aurons des plans obliques crânio-podaux ou podo-crâniaux tels que PC_1 et PC_2 . Nous les désignerons : Sujet de profil droit, plan oblique crânio-podal ou podo-crânial de Y° à d cm.

Remarque - le sujet changeant de profil le même plan crânio podal devient podo-crânial et inversement.



3 - Il existe enfin des plans d'orientation quelconques que l'on peut obtenir par la somme de deux des obliquités précédemment définies dans chaque catégorie A/ ou B/ ainsi par exemple ; nous pourrons désigner un tel plan par : sujet de face. Plan à d cm. doublement oblique, crânio-podal de y° et antérieur droit de X°

Remarque :

Les plans obliques que nous avons appelés crânio podaux ou podocrâniaux sont quelquefois appelés plans frontaux obliques. Ce terme paraît contradictoire car si un plan frontal est bien défini comme un plan parallèle à l'axe longitudinal du sujet et perpendiculaire au plan sagittal de symétrie de celui-ci c'est justement par rapport à lui que sont définis les plans obliques.

C'est sans doute dans l'esprit de ceux qui l'emploient la notion de la position du sujet de face qui fait utiliser ainsi le mot frontal. Nous croyons préférable de conserver au terme de frontal son sens strict et de simplement indiquer que le sujet est de face ou que le plan de coupe est oblique par rapport au plan frontal. Nous précisons encore que la cassette étant inclinée par rapport à sa position initiale parallèle à la table, il nous paraît logique de compter les angles par rapport à cette position.

CHAPITRE II

DIFFERENTS MOYENS DE REALISATION DES COUPES OBLIQUES

Les appareils les plus utilisés actuellement en tomographie sont du type VALLEBONA et du type GROSSMANN qui, nous l'avons vu, sont géométriquement équivalents.

1 - Les appareils du type VALLEBONA permettent très facilement les tomographies obliques. Pour obtenir des tomographies d'un plan oblique antérieur par rapport au plan frontal il suffit de faire tourner le siège porte-sujet jusqu'à ce que le plan oblique que l'on veut obtenir soit parallèle au plan de la cassette.

Pour obtenir des tomographies d'un plan oblique crânio-podal ou podo-cranial. Il suffit de faire tourner la cassette autour d'un axe horizontal et frontal jusqu'à ce qu'elle soit parallèle au plan oblique dont on veut l'image.

Le plan oblique obtenu coupe le plan frontal passant par l'axe de rotation du sujet selon une droite horizontale passant par le point d'intersection de l'axe de rotation du sujet et du rayon central ou axe de l'ensemble tube-cassette.

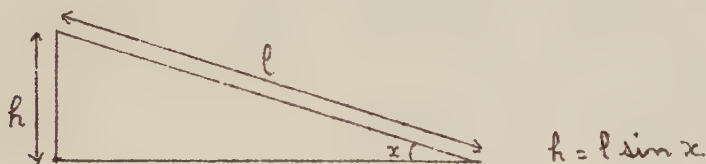
Cet appareil permet donc toutes les combinaisons de plans obliques avec l'avantage d'utiliser de grands angles de coupe, mais l'inconvénient pour les tomographies thoraciques d'effacer incomplètement les images de côtes.

2 - Avec un appareil de type GROSSMANN, on peut obtenir des coupes obliques de deux façons :

a - en modifiant l'orientation du sujet sur la table d'examen, et en maintenant la cassette parallèle à cette table. On peut alors soulever l'un ou l'autre hémithorax du sujet par des coussins ou dans l'autre sens soulever les épaules ou le bassin du sujet. Mais cette méthode ne permet pas de connaître avec précision l'angle d'inclinaison du plan oblique par rapport au plan frontal. De plus, pour chaque modification d'inclinaison le sujet se trouve décentré tant latéralement que par rapport à la profondeur de coupe, sans compter les manipulations nécessitées par une telle méthode et la difficulté pour le sujet de rester dans une telle position pendant le temps de l'examen qui risque d'être assez prolongé.

b - C'est en cela que réside l'intérêt de la technique qui consiste à laisser le sujet dans la même position, facile à conserver, cependant que toutes les incidences obliques nécessaires sont obtenues par inclinaison de la cassette.

Si l'appareil n'est pas muni de dispositif spécial, on peut calculer de combien il faut soulever un des bords de la cassette pour obtenir l'angle que l'on désire. Un simple calcul trigonométrique nous donne ces valeurs.



Dans le tableau suivant :

la première colonne indique la longueur du côté du film perpendiculaire à l'axe de rotation de la cassette la deuxième l'angle d'inclinaison, la troisième la quantité dont doit être soulevé le bord de la cassette parallèle à l'axe de rotation :

<u>Pcm</u>	<u>x °</u>	<u>hcm</u>
13	15	3,4
13	30	6,5
13	45	9
18	15	4,5
18	30	9
18	45	12,5
24	15	6,2
24	30	12
24	45	17
30	15	7,75
30	30	15
30	45	21,2
40	15	10,3
40	30	20
40	45	28,3

Cette méthode est encore très imparfaite dans sa réalisation pratique et dans le cas de plans quelconques à double obliquité, elle devient presque impossible. C'est pourquoi la solution réside dans un porte cassette spécial comme nous le verrons.

CHAPITRE III

LE POLYTOME DES ETABLISSEMENTS MASSIOT

C'est avec cet appareil que nous avons travaillé. Nous rappellerons simplement certaines de ses caractéristiques, car diverses publications l'ont déjà présenté amplement.

L'originalité du polytome consiste dans son dispositif mécanique, un parallélogramme articulé, fixé sur un axe d'oscillation et mobile autour de deux points O et O' de cet axe qui solidarise le tube et le porte-cassette.

Ainsi que le montre le schéma ci-contre, une boîte à pignons transmet au point E des mouvements correspondant à la trajectoire que l'on veut obtenir, et tous les points du parallélogramme décrivent des trajectoires semblables à celles de E, en particulier le tube et le porte cassette

Les points S, O, O' sont fixes à tous moments et l'on a :

$$\frac{TS}{SF} = \frac{AO}{OG} = \text{constante.}$$

Une rigoureuse homothétie est ainsi réalisée entre les trajectoires du tube et du film. Le plan de coupe passant par OS qui est fixe dans l'espace, la table peut être élevée ou abaissée en sorte de déplacer le sujet et de faire ainsi varier la position du plan de coupe par rapport au sujet. Le foyer du tube et le point d'impact du rayon directeur sur le film se déplace sur des calottes sphériques par construction.

Le tube à anode tournante comporte 2 foyers de 1 mm. et 0mm,3. La distance foyer-plan de coupe est constante et égale à 110 cm. La distance cassette-plan de coupe est variable de quelques centimètres à 55 cm. L'agrandissement de l'image peut ainsi varier de 1,13 à 1,50 ce qui permet

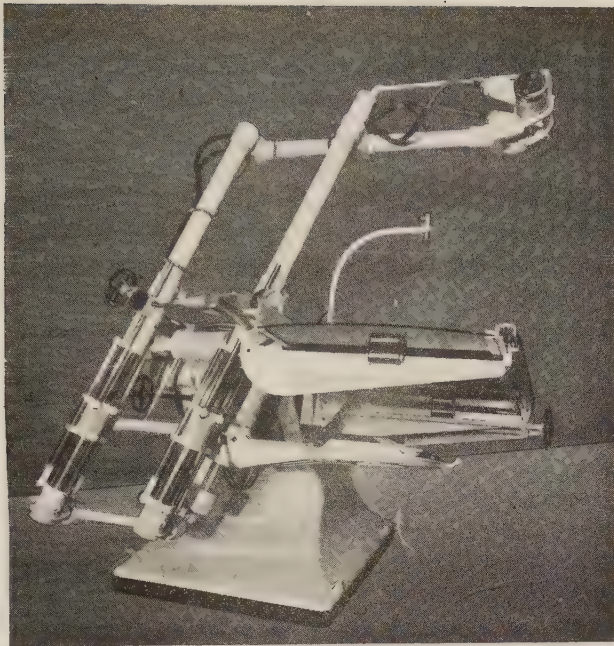


FIG. 1. — Vue générale de l'appareillage.

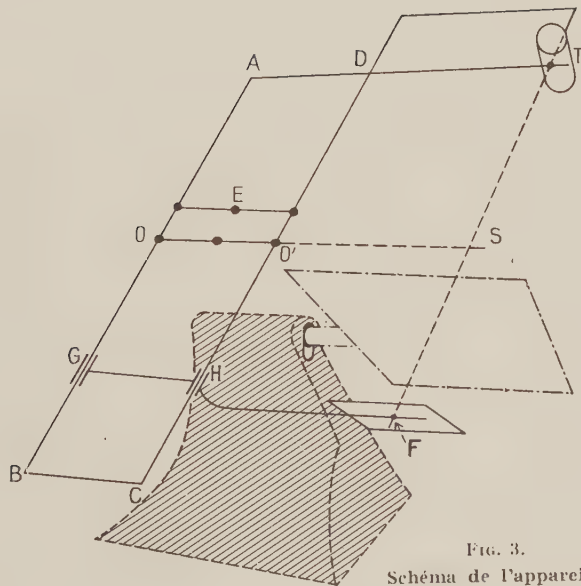


FIG. 3.
Schéma de l'appareil.

en éloignant la cassette d'éliminer le rayonnement diffusé lorsqu'il n'est pas possible de conserver la grille anti-diffusante.

Le polytome peut être utilisé tant dans la position horizontale que dans la position verticale de la table ou même dans les positions intermédiaires.

AVANTAGES DU POLYTOME

Le polytome permet de réaliser différents angles de coupes en même temps que les trajectoires d'effacement sont multiples, suivant le tableau ci-dessous.

Par suite la puissance de coupe (cf p. 31) de l'appareil est variable.

angle de coupe	29 °	44 °	60 °
trajectoire analytique	linéaire circulaire	linéaire circulaire elliptique hypocycloïdale	linéaire elliptique hypocycloïdale trifoliée
Puissance de coupe pour $k = 0,2$	0,65	1,01	1,44

Si la puissance de coupe est bien déterminée par l'angle de balayage, il n'en est pas moins vrai qu'à angle de coupe égal, c'est la trajectoire la plus longue du foyer qui donnera sur le film la trace la plus longue d'un même foyer hors du plan de coupe. Ainsi la densité de la traînée d'un élément situé en dehors du plan de coupe sera d'autant plus faible que la trajectoire est plus longue.

Il en résulte un meilleur contraste des images des points situés dans le plan de coupe, par rapport à ceux qui n'y sont pas et la qualité de l'image en est améliorée. Cet avantage s'exprime par un coefficient de pureté égale au rapport entre la longueur d'une trajectoire complète et la trajectoire linéaire pour un même angle de balayage. Par exemple,

pour un angle de balayage de 60°, la trajectoire linéaire du foyer du tube décrit une courbe de 115 cm., alors qu'en trajectoire hypocycloïdale, le foyer décrira une courbe de 540 cm.

Le tableau ci-dessous résume ces résultats.

Angle de coupe	Linéaire	CP	Circulaire	CP	Hypocycloïdale	CP
29°	58 cm	1	180 cm	3,1		
44°	85 "	1	285 "	3,1	370	4,3
60°	115 "	1			540	4,7

CLASSES DU POLYTOME

Par rapport à la classification que nous avons donné au chapitre II de la 1ère partie, le polytome appartient à plusieurs classes.

1 - par ses trajectoires circulaires, il appartient à la classe A 2°.

2 - Par sa trajectoire dite linéaire qui est un cercle perpendiculaire à la cassette, il appartient à la classe B2°.

3 - Par ses trajectoires dites complexes il appartient à la classe C.

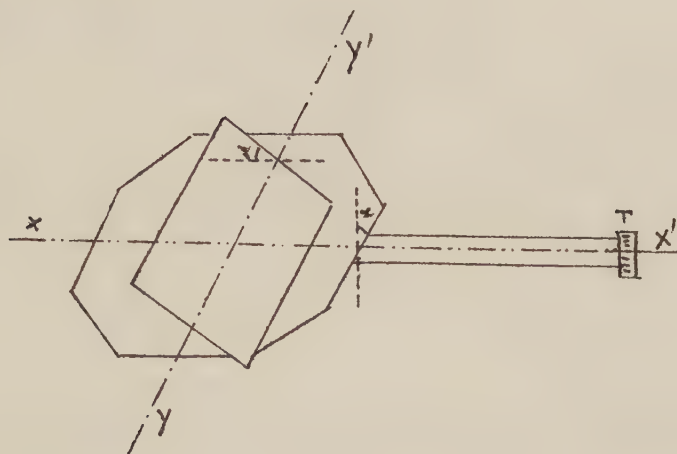
ORIENTATION DE LA COUPE

C'est encore un des avantages du polytome de posséder un porte-cassette orientable autour d'un axe horizontal parallèle au plan de la table et situé dans le plan contenant le foyer, l'axe de rotation, et l'axe de la cassette. Ceci permet par simple rotation du porte-cassette, d'obtenir une coupe oblique crânio-podale ou podo-crâniale dont l'inclinaison se lit sur une graduation placée à cet effet sur un tambour solidaire de la cassette qui se déplace devant un index fixe.

La théorie nous a démontré que c'était légitime. Pour obtenir des coupes obliques antérieures par rotation de la cassette autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation du tomographe, nous avons conçu, avec les ingénieurs de la Maison MASSIOT, un nouveau porte-cassette qui permet cette rotation également mesurable en degrés grâce à un index se déplaçant devant une graduation en degrés.



Nous donnons ci-dessous une photographie de ce porte-cassette ainsi qu'un schéma.

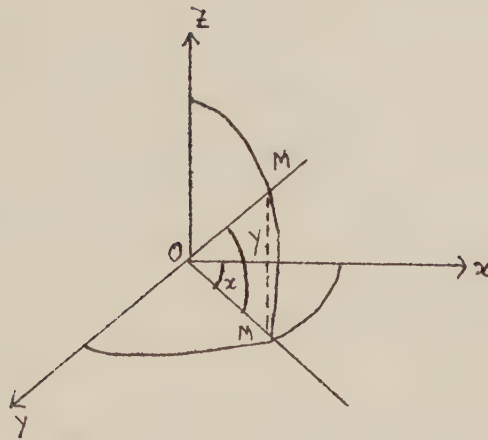


Ce porte cassette est tel que l'on peut réaliser simultanément une inclinaison suivant les deux axes de la cassette et ainsi toutes les directions de l'espace peuvent être données au film.

Ce dispositif réalise l'équivalent de ce qu'est en mécanique le cardan.

Une première rotation se fait autour de l'axe $x x'$ parallèle à l'axe de rotation et une deuxième rotation se fait autour d'un axe $y y'$, solidaire du porte cassette. Mais cet axe $y y'$ perpendiculaire à l'axe de rotation ne sera parallèle à la table que lorsque le porte cassette le sera également.

Ceci présente une petite particularité pour la situation dans l'espace du plan oblique définitivement obtenu, à la suite de deux rotations autour des axes $xx' yy'$. En effet, le repérage de la direction d'un vecteur OM dans l'espace par rapport à 3 axes orthogonaux $O x Oy, Oz$ comme cela est classique en astronomie se fait facilement grâce à deux angles X et Y . Soit Om , la projection de OM sur le plan $y Oy$, x est l'angle de Om avec Ox , et y est l'angle de OM avec Om . Ceci suppose que les rotations x , se font autour d'un axe Oz en général vertical et les rotations y autour d'un axe situé dans le plan xOy en général horizontal.



Il en est bien ainsi quand nous considérons un plan oblique antérieur ou l'angle y égal 0. Si on le mesure à partir de OZ ou $\frac{\pi}{2}$ à partir de Om de même quand nous considérons un plan oblique crânio-podal ou podocranial où $x = 0$ mais lorsque nous considérons un plan doublement oblique par une double rotation autour des axes $x x'$ et $y y'$ du porte-cassette, celui-ci tourne bien autour d'un axe horizontal $x x'$, mais la deuxième rotation de la cassette se fait autour d'un axe $y y'$ qui n'est plus parallèle à la table, mais contenu dans le plan du porte cassette qui est devenu oblique après la première rotation.

Si la première rotation correspond bien à un plan crânio-podal ou podocranial, la deuxième rotation oblique antérieure ne se fait pas autour d'un axe parallèle à la table, comme pour l'obtention d'un plan simplement oblique antérieur. Ceci nous est imposé par la simplicité mécanique. Il n'en résulte cependant pas d'ambiguïté. A partir du moment où l'on sait comment le plan doublement oblique est obtenu, il est facilement reproductible.

D'autre part, pour une exploration anatomique cette obligation est avantageuse, car elle correspond davantage aux démarches successives de la recherche. Ainsi si l'on veut l'image d'un rameau bronchique $B B'$ naissant d'une bronche $A A'$, il est commode de placer d'abord la cassette parallèle à l'axe $A A'$ de la bronche principale et ensuite par une rotation autour de l'axe $A A'$, d'amener la cassette parallèle à l'axe $B B'$. Ce qui permet d'avoir l'image simultanée de $A A'$ et $B B'$ et revient à rendre la cassette parallèle au plan défini par les deux droites $A A'$ et $B B'$.



Il est donc possible de conserver la terminologie que nous avons indiquée pour le plan doublement oblique, en maintenant le terme d'oblique antérieur pour la deuxième rotation de la cassette autour de l'axe yy' , dans le plan du porte-cassette.

REMARQUE.

Comme nous l'avons dit, la cassette peut prendre toutes les directions de l'espace, mais toutes ne donneront pas lieu à la prise de clichés. En particulier les positions qui placent la cassette perpendiculaire au plan de la table et qui correspondraient à des tomographies dites horizontales ne sont pas utilisables.

Comme l'expérience le prouvera, il convient également de ne pas utiliser des angles trop grands.

En recherchant parmi toutes les possibilités offertes, en tenant compte de la position du sujet par rapport à la table on s'efforcera de choisir celles qui utilisent les angles les plus petits. En particulier pour l'exploration de l'arbre trachéo-bronchique, les angles utiles sont relativement faibles. Cette technique présente bien les avantages que nous avons indiqués, elle permet bien de repérer exactement des plans obliques dans l'espace qui peuvent être reproduits à des intervalles de temps éloignés et par différents opérateurs.

CHAPITRE IV

DEFINITION GEOMETRIQUE ET GRAPHIQUE DES COUPES OBLIQUES

Par la suite de notre exposé, nous allons revenir sur la détermination d'un plan de coupe oblique d'une façon plus simple.

Comme la théorie nous a montré les rapports et les équivalences des différents procédés tomographiques fondés sur l'homothétie, nous pouvons choisir à titre d'exemple un de ces procédés, le plus simple :

C'est le déplacement rectiligne du foyer et de la cassette :

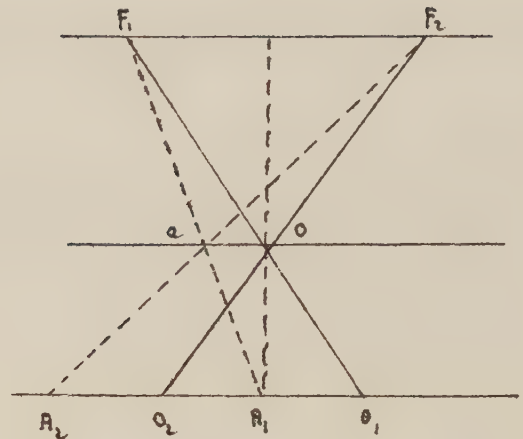
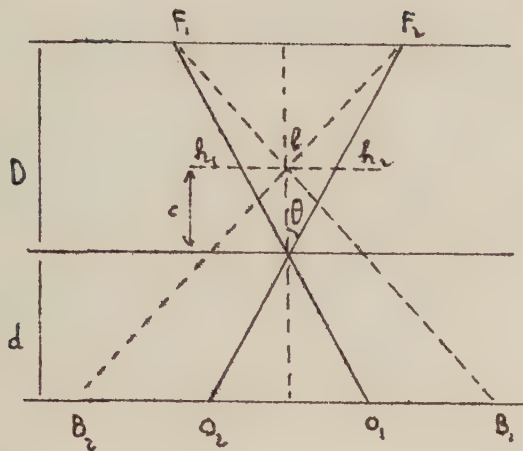
1 - Soit P, le plan de coupe, O la projection de l'axe de rotation du tomographe, O1 et O2 les images de O quand le foyer est en F1 et F2, θ le 1/2 angle de balayage. b, un point hors du plan de coupe à la distance c de celui-ci B1 et B2 ses images pour les deux positions du foyer D, la distance du foyer au plan de coupe, d, la distance du plan de coupe au film, h1 et h2, les points d'intersections de F1 O1 et F2 O2 avec le plan parallèle au plan de coupe passant par b.

La trace de l'image de b sur le film est égale à O1 B1 + O2 B2, le balayage est symétrique donc O1 B1 = O2 B2 et le sillage est égal à 2 O1 B1 = 2 O2 B2.

$$\text{On a : } \frac{O1 O2}{d} = \frac{F1 F2}{D} = \text{constante}$$

$$O1 O2 = \frac{d}{D} \times F1 F2 = \text{constante}$$

O1 O2 est constant quel que soit le point O dans le plan de coupe P. ce qui est la condition de stigmatisme pour le plan de coupe.



On a également :

$$\frac{F_2 F_1}{D} = \frac{h_2 h_1}{c} = \text{constante}, h_2 h_1 = \frac{c}{D} \times F_2 F_1 = \text{constante}.$$

Quel que soit le point b dans le plan H la trace est constante pour tous les points d'un plan H parallèle au plan de coupe P.

$$\text{On a encore } \frac{O_1 B_1}{D+d} = \frac{b h_1}{D-c}$$

$$2 O_1 B_1 = \frac{2 b h_1 (D+d)}{D-c} \quad b h_1 = c \operatorname{tg} \theta$$

$$2 O_1 B_1 = \frac{2 c \operatorname{tg} \theta (D+d)}{D-c}$$

Si b était entre le plan de coupe et le film

$$2 O_1 B_1 = \frac{2 b h_1 (D+d)}{D+c} \text{ en valeur absolue}$$

En tenant compte des notations de la partie théorique $b h_1 = c \operatorname{tg} \theta / 2$
 $D + d = h$, $d = kh$, et $2 O_1 B_1$ ou $B_1 B_2$ mesurés par rapport au film :

$$\frac{2 h c \operatorname{tg} \theta / 2}{(1-k) h - c}$$

Nous retrouvons ainsi à propos de ce cas très particulier la formule à laquelle nous avait conduit le calcul théorique. D'après ce que nous savons de la condition de stigmatisme le déplacement $A_1 A_2$ de l'image d'un

point a du plan de coupe P est égal à $O_1 O_2$ et $A_1 O_1 = A_2 O_2$ et on a également $\frac{A_1 O_1}{o a} = \frac{A_2 O_2}{o a} = \frac{D + d}{D}$ qui est le rapport d'homothétie de centre F.

Ceci prouve bien que l'image d'un point a du plan de coupe n'a pas de trace sur la cassette et son image est un point.

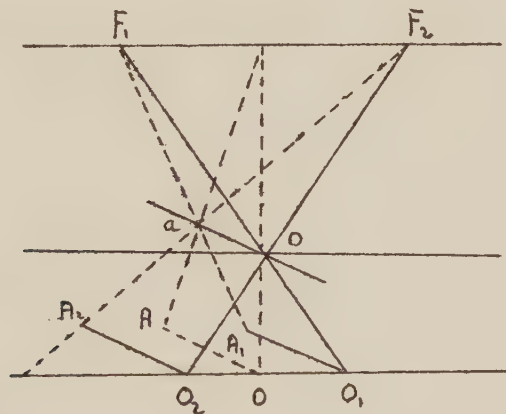
Réciproquement : étant donné un point A de la cassette qui reste fixe par rapport à la cassette, il est l'image d'un point a qui est dans le plan parallèle au film passant par o, ceci résulte de la condition de stigmatisme

$$\frac{A_1 O_1}{o a} = \frac{A_2 O_2}{o a} = \text{constante, et la distance } o a \text{ est donnée par la valeur du rapport } \frac{A_1 O_1}{o a} = \frac{D + d}{D}$$

Graphiquement a est à l'intersection de $F_1 A_1$ et $F_2 A_2$.

2 - Considérons le cas d'un plan de coupe oblique P

Soit a un point de ce plan. L'image de a doit se trouver sur la cassette en un point A fixe par rapport à elle. Il sera en un certain point A_1 quand F sera F_1 et en un certain point A_2 quand F sera en F_2 .



On devra avoir $O_1 A_1 = O_2 A_2$ c'est la condition de stigmatisme.

On aura $\frac{O_1 A_1}{o a} = \frac{O_2 A_2}{o a} = \text{le rapport d'homothétie de centre F.}$

Cette condition sera réalisée si $O A$ reste en $O_1 A_1$ et $O_2 A_2$ parallèle à lui-même et à $o a$.

Donc la cassette devra être inclinée parallèlement au plan de coupe o a désiré.

Réciproquement, si nous inclinons la cassette suivant une direction O A dans le mouvement tomographique la cassette se déplacera parallèlement à elle-même et OA se déplacera de O1 A1 en O2 A2 quand F passe de F1 F2 ; O1 A1 = O2 A2 et sont parallèles.

Etant donné que a doit être un point fixe par rapport à o, on aura $\frac{A1 O1}{o a} = \frac{A2 O2}{o a}$ ce qui est réalisé si o a est parallèle à O A. Donc le plan de coupe est parallèle au plan de la cassette. Le point de a peut se construire graphiquement, il est à l'intersection de F1 A1 et F2 A2.

D'après l'étude théorique que nous avons rappelée, on sait que grâce à l'homothétie, ce que nous venons de préciser pour un mouvement stratiographique linéaire est valable également pour d'autres mouvements, que la trajectoire du foyer soit un cercle perpendiculaire au plan de la cassette, ou même une trajectoire complexe tracée sur une sphère, ce qui est le cas du polytome.

CHAPITRE V

FORMATION DES IMAGES ET EPAISSEUR DE COUPE DANS LE CAS DE TOMOGRAPHIES OBLIQUES

A - Formation des images

Les facteurs qui interviennent dans la qualité de l'image radiographique et qui sont les suivants :

1 - Flous dynamiques

qui sont dus aux vibrations de l'appareil,
aux mouvements du sujet,
à l'inclinaison du rayon par rapport à la cassette,
et qui peuvent être évités par la qualité mécanique des articulations de l'appareil, une bonne fixation du sujet, et la suppression des écrans grâce à des films rapides.

2 - Flous optiques

qui sont dus à la pénombre et aux dimensions du foyer et sont compensés par l'emploi du foyer fin, par une distance plan de coupe film faible, et foyer plan de coupe grand.

3 - La diffusion des rayons X limitée par l'emploi d'une grille de Lysolm.

4 - La qualité photographique de l'image due au contraste de l'image de coupe qui dépend de l'énergie reçue par l'image et est fonction du temps d'exposition, de la qualité des films et des écrans, de la longueur de la trajectoire du foyer, de l'intensité du flou ou puissance de coupe.

5 - La déformation des images et les images parasites, résultant de l'étude des cônes d'ombre et de pénombre d'un objet, à propos des images de surface et de volume particuliers qui sont fonction du grandissement, de l'angle de coupe, des distances foyer-coupe, coupe-film.

Tous ces facteurs ont été longuement étudiés et il n'entre pas dans notre propos d'y revenir.

Nous voulons simplement dire que tout ce qui a été dit à ce sujet est encore vrai pour les tomographies obliques. Ce qui découle de l'étude que nous en avons faite. Il y a cependant une restriction que nous allons étudier maintenant.

B - Epaisseur de coupe

Lorsque la cassette est inclinée pour obtenir un plan de coupe oblique qui lui est parallèle, la trace de sillage d'une image va subir des variations.

Considérons toujours le cas le plus simple du mouvement linéaire du foyer F.

Dans le cas de la tomographie frontale classique, l'angle de balayage maximum (H) se répartit en deux parties égales de part et d'autre du rayon normal O oF.

Dans le cas de tomographie oblique, 3 cas peuvent se présenter :

1 - La cassette a subi une rotation autour d'un axe parallèle au déplacement de F. Il n'y a pas de modification et le balayage reste symétrique.

2 - La cassette a subi une rotation autour d'un axe perpendiculaire au déplacement de F.

L'angle de balayage est toujours symétrique par rapport à F O droite joignant F à l'axe de rotation du tomographe et à l'axe de la cassette, mais il ne l'est plus par rapport à la normale au plan de la cassette en son centre.

Ainsi l'angle de balayage est la somme de 2 valeurs θ_1 et θ_2 et les nouvelles formules du déplacement de l'image d'un point situé à la distance c du plan de coupe sont devenues :

$$S S' = \frac{c}{(1-k) h - c} \quad 2 h (\text{tg. } \theta_1 + \text{tg } \theta_2)$$

$$S S' = 2 cR \left[\frac{\sin \theta_1}{(1-k) R \cos \theta_1 - c} + \frac{\sin \theta_2}{(1-k) R \cos \theta_2 - c} \right]$$

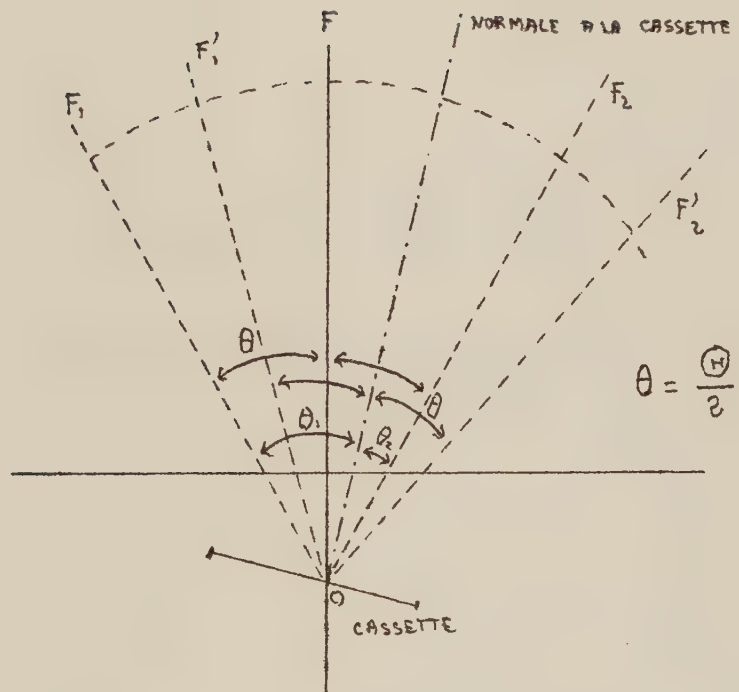
Suivant que la normale à la cassette tombe à l'intérieur de l'angle de balayage F_1 o F_2 ou au contraire lui est extérieure on utilisera le signe + ou le signe -, et θ_1 étant le plus grand des deux angles.

$$\text{tg } \theta_1 + \text{tg } \theta_2 \gg 2 \text{tg } \frac{(\theta_1 + \theta_2)}{2}$$

Par conséquent les déplacements des images ne sont pas diminués, mais au contraire augmentés.

Comme nous le verrons à propos de nos clichés expérimentaux, cette dissymétrie du déplacement de l'image ne semble pas se manifester par un inconvénient. Elle doit entraîner une variation de l'épaisseur de coupe mais dans une proportion tolérable.

Il est d'ailleurs possible dans certaines conditions, de supprimer ou de diminuer cette dissymétrie du balayage. En effet, le polytome est muni d'un dispositif, permettant le déclenchement des rayons X, pour une portion déterminée de la course totale du foyer. On peut donc, si l'inclinaison de la cassette n'est pas trop grande choisir sur la portion du cercle celle qui aura la normale à la cassette comme axe de symétrie, ou tout au moins réduire ainsi la dissymétrie de l'angle de balayage en rapprochant le plus possible la normale à la cassette de cet axe de symétrie ce qui est d'autant plus facile que l'angle d'inclinaison de la cassette est plus faible.



TROISIEME PARTIE

.....

PREUVE EXPERIMENTALE ET APPLICATIONS

CHAPITRE I

PREUVE EXPERIMENTALE DE LA VALEUR DES TOMOGRAPHIES OBLIQUES

L'objet que nous tomographions est constitué par les flasques des chiffres utilisées habituellement pour marquer les clichés que nous avons fixées sur une plaque ne matière plastique. Cet objet a l'avantage de présenter des formes qui donnent une idée assez nette de la qualité de l'image au point de vue netteté ou déformation.

Nous avons réalisé successivement différents clichés :

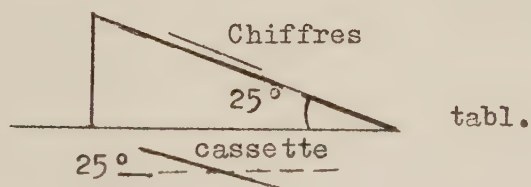
1 - Clichés de référence ou témoin

Les lettres sont placées à plat sur la table. Un cliché standard et une tomographie frontale en balayage linéaire dans les conditions habituelles où l'on réalise les tomographies pulmonaires, nous donnent des images parfaitement nettes, auxquelles nous pourrions comparer les images suivantes.

2 - Preuve de l'existence des plans obliques

Nous plaçons notre objet sur une cale en éponge plastique qui présente un plan incliné, suivant sa ligne de plus grande pente.

L'angle d'inclinaison du plan oblique par rapport au plan frontal ainsi réalisé est de 25° .



a - Nous inclinons la cassette de 25° et nous prenons des tomographies à différentes profondeurs de coupe. Nous réalisons des clichés aux profondeurs de 5 cm, 5 cm 9, 6 cm et 6 cm l.

Le cliché à la profondeur de 5 cm 9 est parfaitement net ; les autres clichés présentent au contraire un flou uniforme, que l'on pourrait d'ailleurs essayer d'évaluer, qui indique la précision des coupes obtenues puisqu'une différence de 2 mm sur l'appréciation de la profondeur de coupe suffit à créer un flou appréciable.

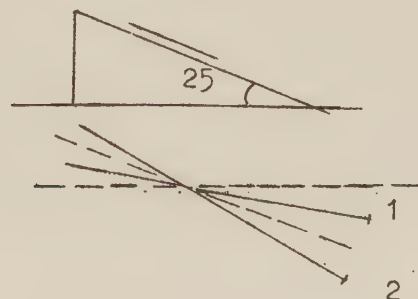
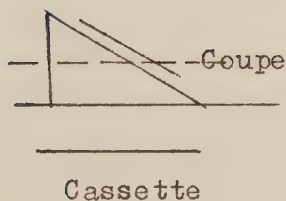
b - Nous avons encore réalisé une coupe frontale qui nous montre que la lettre coupée est la plus nette quoique floue, à cause de l'angle du plan de coupe avec son plan propre.

Quant aux autres chiffres ils présentent un flou croissant vers les extrémités de l'objet correspondant à leur distance croissante par rapport au plan de coupe.

c - Nous avons tomographié l'objet par des coupes à la profondeur de 5 cm 9, profondeur de notre plan frontal de référence, mais avec les inclinaisons de la cassette différant très peu de l'angle exact d'inclinaison de notre objet, soit 28° et 23° .

Un léger flou apparaît aux extrémités.

On notera encore la précision de la détermination des plans de coupe.



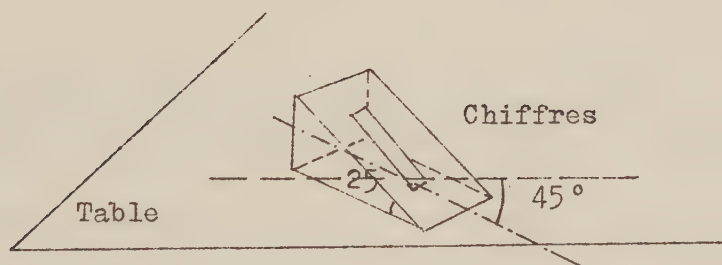
d - Nous avons obtenu un plan de coupe doublement oblique en faisant tourner notre cale porte-objet en sorte que sa plus grande pente fasse un angle de 45° avec l'axe de la table. L'image du plan de coupe obtenue en inclinant convenablement la cassette par une double rotation est encore satisfaisante.

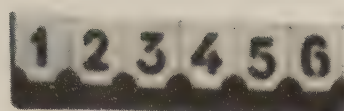
3 - Nous avons fait des tomographies obliques en utilisant le balayage hypocycloïdal.

Nous avons obtenu encore une image nette du plan de coupe mais des plans voisins donnent un effacement plus rapide de l'image des chiffres.

Conclusion : Les tomographies obliques sont donc en tous points comparables aux tomographies frontales habituelles et peuvent donc être utilisées au même titre.

Nous fournissons ci-contre la reproduction de la série de clichés que nous venons d'énumérer.

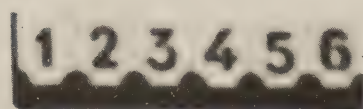




0



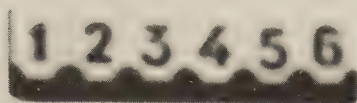
00



1



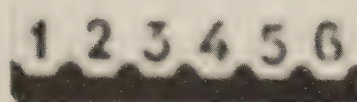
2



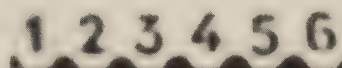
3



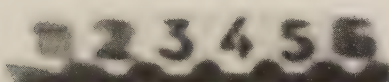
4



5



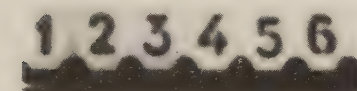
6



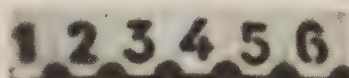
7



8



9



10

0 - Cliché standard

00 - Tomographie horizontale dans le plan des chiffres

1 - Tomographie horizontale à 2 mm au-dessus du plan de coupe 00

2 - " " 4 mm au dessus

Tomographies obliques (3 - 1 mm au dessus du plan des chiffres

parallèles au plan des (4 - 3 mm au dessus

chiffres. (5 - Plan des chiffres

(6 - 2 mm au-dessous

Inclinaison 25° (8 - 4 mm au-dessous

7 - Tomographie horizontale passant par le chiffre 4

9 - Tomographie oblique de 22°5') plan des chiffres 25°

10 - " " 27°5')

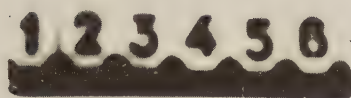
avec balayage linéaire



11



12



13



14



15



16



17



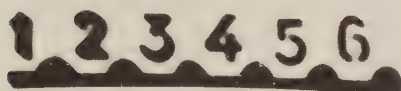
18



19



20



21



22

11 - Tomographie oblique de $27^{\circ}5'$

12 - " " 25°

13 - Tomographies obliques (à 1 mm au-dessus du plan de coupe des chiffres

14 - " " (à 1 mm au-dessous

15 - " " (à 3 mm au-dessus) balayage

16 - " " (à 1 mm au-dessus) hypocycloïdal

17 - " " (à 4 mm au-dessous)

Double obliquité.

18 - Tomographies doublement obliques à 2 mm au dessous du plan de coupe des chiffres,

19 - " " " dans le plan de coupe des chiffres

20 - " " " 3 mm au-dessus du plan de coupe

21 - " " " avec angle différent de 2° du plan de coupe,

22 - " " " dans le plan de coupe avec balayage hypocycloïdal

CHAPITRE II

EXPLORATION DE L'ARBRE TRACHEO-BRONCHIQUE

La morphologie des éléments constituant cet organe, ainsi que leur répartition dans l'espace, en font un objet particulièrement propice à son étude par des tomographies obliques.

Il s'agit en effet d'éléments allongés grossièrement cylindriques et remplis d'air.

Cette étude suivra donc de très près la disposition anatomique.

1 - La trachée

Pour étudier la trachée, on est placé devant l'alternative d'un balayage perpendiculaire à son axe, qui n'efface pas complètement les images de côtes, et un balayage selon son axe qui les fait disparaître complètement.

Nous avons utilisé cette seconde orientation en balayage linéaire, puisque c'est un des avantages du polytome de pouvoir la réaliser.

Pour obtenir une image de la trachée, il faut deux valeurs : sa profondeur et son inclinaison antéro-postérieure. Le cliché standard de face n'apporte pas de renseignements, le profil par contre nous donne des indications sur l'ordre de grandeur sur son inclinaison. Si le cliché est favorable on peut même mesurer sa profondeur par rapport au plan postérieur. Ces deux valeurs varient avec la morphologie du sujet et la statique de sa colonne vertébrale.

En général, la trachée est oblique d'avant en arrière et de haut en bas.

Si l'on possède des tomographies frontales, les différents clichés à des profondeurs différentes coupant la trachée à des niveaux différents peuvent donner des renseignements sur sa profondeur réelle.

Les différents examens que nous avons pratiqués nous ont donné des valeurs de son inclinaison comprises entre 5° et 15° et nous ont montré que la bifurcation trachéale se trouve entre 10 et 13 cm de profondeur.

On peut à priori, prévoir que la trachée sera plus ou moins distante du plan postérieur et plus ou moins inclinée selon que l'on a à faire à un homme, à une femme, à un sujet longiligne ou bréviligne.

Nous faisons donc des tomographies obliques, selon l'angle présumé, à des profondeurs variant de $1/2$ cm à $1/2$ cm entre 10 et 13 cm de prodondeur.

Si les clichés ne fournissent pas une image satisfaisante d'emblée, une seconde série où l'on corrigera l'angle d'obliquité sur la vue des premiers clichés et où l'on serrera de plus près la valeur de la profondeur du plan de coupe, permet de parvenir à un résultat plus convenable. Les constantes que nous avons été amenés à utiliser sont nettement supérieures à celles des tomographies pulmonaires, ce qui est logique puisqu'il s'agit d'un organe médiastinal.

Alors que pour les poumons les constantes utilisées en balayage linéaire avec gros foyer sont de 5/10 de seconde pour 55 KV et 135 ma nous avons employé 65 KV avec les mêmes valeurs pour les autres constantes. Avec le petit foyer il faut 85 KV 15 MA 1 seconde. Ces dernières valeurs sont moins rationnelles pour un thorax que celles permises par le gros foyer. En balayage complexe, hypocycloïdal par exemple, il faut alors 60 KV et 15 MA avec 6 secondes imposées par le temps de balayage. Ce dernier balayage donne un effacement plus grand, mais si les images apparaissent plus nettes en un certain sens, leur contraste est affaibli. La préférence entre le balayage linéaire et le balayage complexe est dans ce cas discutable. En tous cas le balayage linéaire donne des résultats suffisants de même que pour le poumon lui-même. Nous donnons ci-joints quelques clichés de trachée ainsi obtenus. Ils permettent d'étudier la morphologie de la trachée, ses déviations ou ses déformations sous l'influence d'une cause extrinsèque et les modifications de la lumière trachéale.

2 - Les bronches

L'exploration peut en être faite systématiquement avec celle de la trachée ou à sa suite en se centrant sur la bifurcation trachéale, au niveau de D5 ou du 2ème ou 3ème cartilage costal.

En conservant l'inclinaison de la trachée on obtient de bonnes images de la bifurcation et des bronches droite et gauche.

Cependant, la bronche gauche étant plus antérieure que la bronche droite, on peut être amené à les étudier séparément par des doubles obliquités, une obliquité antérieure étant ajoutée à l'obliquité crânio-podale.

Les bronches lobaires supérieures accompagnent généralement sur les clichés les bronches souches. Le sujet étant de face, à l'étage moyen c'est la bronche ventrale seule qui est vue. La droite se détache en décrivant une crosse pour la bronche droite de l'artère pulmonaire, à gauche elle se détache de la bronche lobaire supérieure.

Les bronches lobaires inférieures sont plus ou moins visibles selon leur inclinaison antéro-postérieure. Leurs rameaux ne sont qu'ébauchés. Pour les obtenir il faut une inclinaison crânio-podale plus grande.

Au-delà la recherche systématique devient plus difficile et plus hasardeuse étant données les variations individuelles et la finesse des derniers rameaux bronchiques. Si toutefois on veut étudier ces rameaux, il faudra employer une double obliquité, la deuxième inclinaison se faisant autour de l'axe du tronc principal. Cette exploration permet l'étude topographique des bronches et de leur lumière avec leurs modifications.

3 - Ramifications bronchiques terminales

C'est beaucoup plus à partir de la pathologie pulmonaire que l'on est amené à les observer. L'examen est alors différent. La radio-standard a montré une lésion, mais insuffisamment précisée quant à sa nature et à sa topographie. Les tomographies frontales les précisent parfois, mais le doute peut persister. C'est alors que les tomographies obliques peuvent encore apporter des renseignements.

Certains préconisent alors l'exploration systématique du poumon par des coupes en éventail qui sont des plans obliques antérieurs, d'obliquité variable. Ces coupes délimitent alors les zones intéressantes du parenchyme et renseignent sur l'orientation du processus pathologique. Elles en permettent l'étude finale par des plans de coupe plus appropriés, voisins, parallèles à l'incidence privilégiée.

Nous avons pratiqué une démarche inverse. C'est à dire qu'à partir de la lésion, nous avons exploré ses rapports de voisinage, son extension, sa forme. Cette étude est particulièrement intéressante dans les cas de cavités car par des incidences variées on peut avoir une idée de sa morphologie et surtout il est possible de découvrir sa bronche de drainage et de la suivre jusqu'à la bronche lobaire dont elle dépend.

C'est le plus souvent le lobe supérieur qui est le siège des processus pathologiques tuberculeux, aussi est-ce dans ce cas la bronche apicale ou un de ses rameaux qui fournit la bronche de drainage de la lésion étudiée.

1er Malade :

Nous reproduisons un cliché standard et une tomographie frontale. Nous obtenons la cavité et la bronche de drainage par un plan oblique crânio-podal de 10° à 13 cm par rapport au plan frontal. Cette cavité a une forme complexe et possède différents points de drainage comme le montre la série de clichés que nous reproduisons.

2ème Malade :

Le cliché standard ne révèle pas de cavité. Un cliché oblique crânio-podal de 13° à 14 cm par rapport au plan frontal montre la cavité bien circulaire et sa bronche de drainage qui se jette dans la bronche lobaire supérieure.

Pour ces clichés, les constantes habituelles pour le poumon doivent être majorées, au moins à cause de l'obliquité de la cassette, de quelques kilovolts, et souvent à cause de l'augmentation de densité provoquée par les lésions, mais toujours pour une image bronchique.

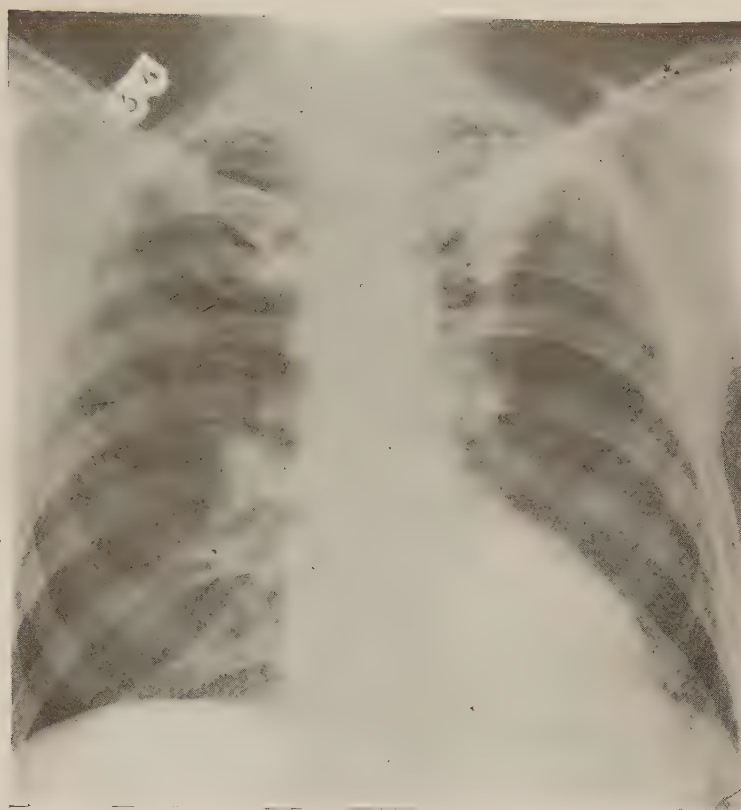
3ème Malade :

Nous suivons ce malade atteint d'une tumeur obstruant sa bronche lobaire supérieure gauche. L'image de celle-ci est obtenue par une tomographie doublement oblique crânio-podale de 10° et oblique antérieure droite de 10° par rapport au plan frontal de 12 cm 5. Un premier cliché montre la lésion au début du traitement. La deuxième série de clichés permet d'évaluer l'évolution de la lésion après application de 2.100 r. par champ croisés. La densité de la tumeur a diminué ainsi que son volume, et la bronche s'est reperméabilisée sur un trajet plus long.

oOo



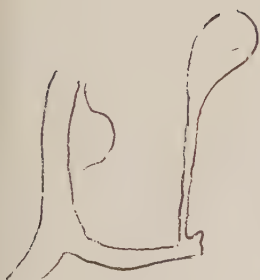
Tomographie oblique cranio-podale
de 13° par rapport au plan frontal
à 13 cm 5



Radiographie standard



Tomographie oblique cranio-podale
de 10° par rapport au plan frontal
à 13 cm.



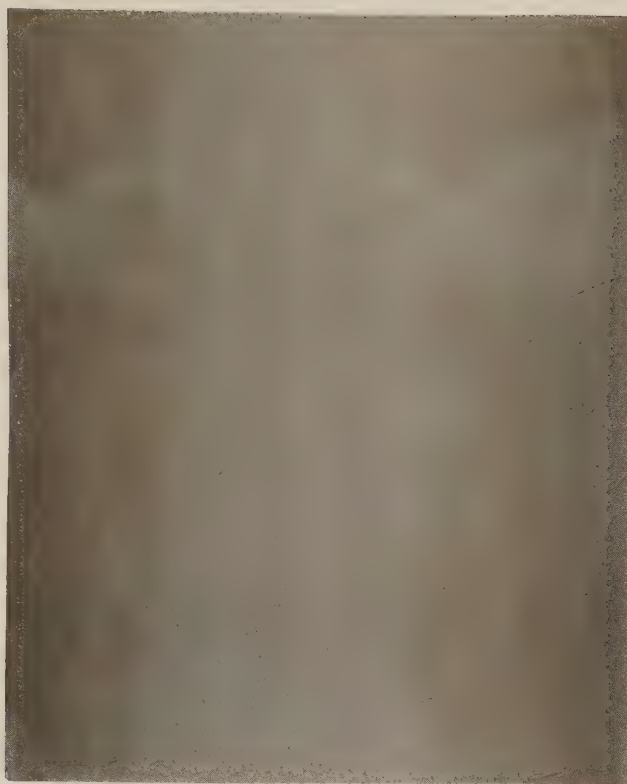


Radiographie standard

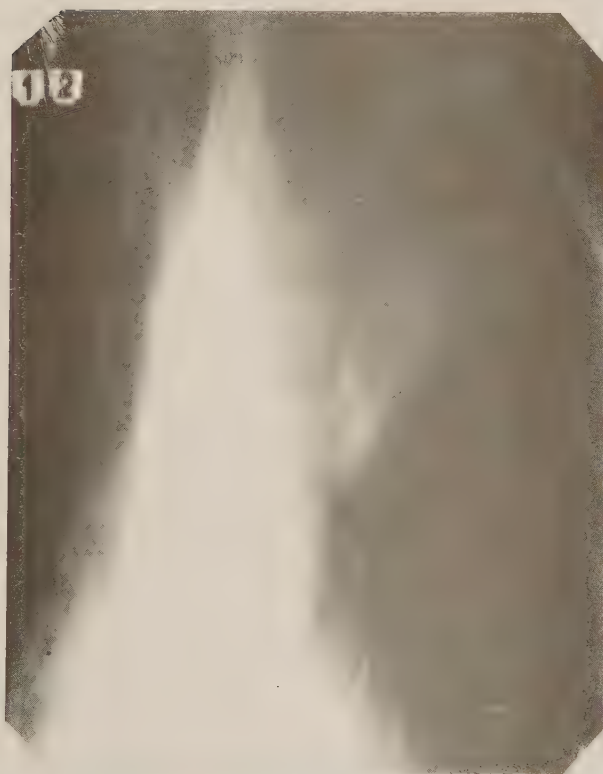


Tomographie oblique cranio-podale
de 13° par rapport au plan frontal
à 14 cm.





Radiographie standard



Tomographies doublement obliques cranio-podale de 10° et antérieures
droites de 10° à 12 cm. 5

CONCLUSION

=====

Notre travail avait pour but de prouver qu'il était possible d'obtenir légitimement des tomographies obliques et de les utiliser.

Nous avons, en nous appuyant sur la théorie générale de la tomographie, rappelé que le plan de coupe était parallèle à la cassette, et que par conséquent, en donnant à celle-ci une inclinaison quelconque, l'image du plan de coupe obtenue possédait cette même orientation.

Ce point étant acquis, il fallait étudier les moyens pratiques à mettre en oeuvre pour réaliser ces coupes obliques. Nous avons vu qu'ils étaient multiples, mais nous nous sommes attachés à leur réalisation à l'aide du tomographe qui était à notre disposition le polytome. Nous avons apporté au porte-cassette originel de l'appareil une modification qui offre la possibilité d'incliner la cassette d'une façon quelconque.

Nous avons, à cette occasion, retrouvé d'une façon simple, à propos d'un cas particulier, ce que les principes généraux théoriques avaient établis dans leur plus grande généralité. Il ne nous a pas paru qu'il y ait de différences essentielles entre la formation des images de ces tomographies obliques et celles des tomographies frontales habituelles. Pour pouvoir désigner ces tomographies, nous avons proposé une terminologie.

Il fallait enfin trouver que tout ce qui avait été affirmé théoriquement était réel.

La série de clichés expérimentaux que nous fournissons établit sans conteste cette réalité.

Nous pouvons donc conclure que les tomographies obliques représentent un document en tous points comparables aux tomographies habituelles

et à ce titre sont susceptibles d'être utilisées comme celle-ci. Leur intérêt capital réside dans le fait de pouvoir réaliser une coupe selon un plan intéressant et choisi et non pas arbitraire. Le choix du plan de coupe se fera en fonction des caractères de l'organe exploré. On pourra alors utiliser les tomographies qui donnent de l'organe les images les plus caractéristiques que ne donnent pas les tomographies frontales.

Ceci est absolument général et pourra être mis en pratique à propos de nombreux examens. Le champ des réalisations est donc très vaste. Nous avons, pour donner un exemple, réalisé quelques tomographies de l'arbre trachéo-bronchique. Nous avons donné les valeurs nécessaires à leur obtention et indiqué comment on pouvait procéder à cette exploration. On peut également, étant donnée une lésion pulmonaire, révélée par un cliché standard, compléter l'étude de cette lésion dans son extension et ses rapports à l'aide de tomographies obliques, d'une façon plus complète et plus rationnelle. Ainsi, en particulier, il est possible de rechercher la bronche de drainage d'une caverne et de la suivre jusqu'à la bronche lobaire dont elle naît.

On peut encore rechercher le point exact, origine d'une atélectasie.

Il nous semble que pour le domaine pulmonaire, le balayage simple et même le gros foyer peuvent suffire comme pour les tomographies frontales. Par contre, dans le domaine osseux les balayages complexes reprendront leur supériorité, étant données la densité osseuse et la finesse de coupe utilisable. Cette façon de procéder serait intéressante à étudier. C'est enfin l'expérience qui dira si cette technique doit s'imposer à nous et surtout dans quels cas et quelles limites il sera intéressant d'y avoir recours.

A priori, elle semble un enrichissement dans nos méthodes d'exploration radiographique.

Vu, le Président de Thèse
Professeur DESGREZ

Vu, le Doyen de la Faculté
Professeur L. BINET

Vu, et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de Paris

J. ROCHE

BIBLIOGRAPHIE

=====

La bibliographie sur la tomographie en général, est très abondante et a été faite dans différents ouvrages largement diffusés. Nous nous limiterons donc à quelques ouvrages de base et aux publications récentes qui ont un rapport direct avec notre objet d'étude.

ABREU M. de

Bases de l'interprétation radiologique.
Radio-géométrie - Paris Masson 1954.

DUHAMEL J.

La tomographie, étude théorique et physique.
Bordeaux 1950.

FRAIN Ch., EVEN, ROUJEAU, MARLOIS et TALAMAS

Exploration tomographique en frontale oblique de
l'arbre trachéo-bronchique.
Soc. Fr. d'E.R. Médicale 15 nov. 1954.

GERNIEZ-RIEUX Ch., BRETON A., BONTE G., MEREAU J.

- Etude radiologique et topographique des bronches
et des territoires de ventilation.
- Trachée et bronches zonaires.
- Eléments périphériques.

Encyclopédie médico-chirurgicale 24è A. 1953
Radio-diagnostic T. III - Recueil n°6 et 7
32.327 C.10 C.20 C.30 C.40 C.50.

HERDNER R.

Traité technique de tomographie osseuse.
Paris - Masson 1953.

JAUBERT DE BEAUJEU A.

La tomographie sphérique.
J.R.E. 1949 30 pages 173-175.

LACROIX F.

Présentation d'un nouvel appareil de tomographie :
le radiotome homothétique.
Thèse médecine, Paris 1948.

LEDOUX-LEBARD R. et GARCIA CALDERON J.

Technique du radio-diagnostic, Masson 1943.

LEDOUX-LEBARD G.

Nouvelle édition 1955.

LEDOUX-LEBARD R. et LEDOUX-LEBARD G.

Manuel de radio-diagnostic clinique.
Masson 1949.

MARCO F.

Principes de tomographies thoraciques obliques.
Application à l'étude de la région médiastino-
hilaire.
Thèse Médecine Toulouse 1949.

MASSIOT J.

- Comparaison entre les différentes méthodes
d'analyses par plans successifs. Bull. Soc.
Mai 1937 pp. 562-566.
- Sur l'effet des différentes trajectoires utili-
sées en tomographie, planigraphie, stratigra-
phie. Bull. Soc. 1938 p. 303-312.
- Que doit-on penser de la trajectoire circulaire ?
J.E.R. 1951 T. 32 pp. 920-924.

MOUSSARD J.

Présentation d'un appareil de tomographie univer-
selle : le polytome.
Mémoire d'E.R. Paris 1952.

PERUSSIA A.

La stratigrafia a incidenza obliqua.
Rad. Med. XXXV p. 86 1949.

RETHMEIER B.

Planigrafie van het tracheo-bronchiale systeem.
Thèse Leyde 1945.

SALDANHA A. (Lisbonne)

Méthode planigraphique en coupes obliques pour l'étude des segments pulmonaires. 18ème congrès de la Soc. Italienne de Rad. Med. Rome 5-10 avril 1954. Rapports et communications pp. 277-268.

STROHL A.

Précis de physique médicale.

TEMPINI G.B. et PAZIENZA C.

Examen stratigraphique du thorax en plans oblique par rapport aux plans frontaux.
Rad. Med. Vol. 39 n° I Janv. 1953 pp. 36-48.

THOYER ROZAT et MOUSSARD J.

Quelques résultats obtenus avec le polytome.
J.R.E. 1953 T.34 pp. 649-658.

TILLIER H. et POROT J.

Applications à la tomographie des lois générales de l'optique radiologique.
J.R.E. 1946 T.27 pp. 32-35.

VALLEBONA

- La stratigraphie pulmonaire J.R.E. 1937
T. 21 p.241-49.
 - Stratigrafia Alfieri et Lacroix. Milano 1938.
 - Nouvelle méthode roentgenstratigraphique.
Soc. Suisse Rad. 1er Juin 1947, rad. clinica
1947. XVI 5.
-

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : ETUDE THEORIQUE

Chap. I - Définition - Plan de coupe

Chap. II - Classification des procédés de tomographie ..

Chap. III - Image d'un point en dehors du plan de coupe

Chap. IV - Epaisseur de coupe

Chap. V - Coefficient ou puissance de coupe

DEUXIEME PARTIE : ETUDE TECHNIQUE DES COUPES OBLIQUES

Chap. I - Terminologie des plans de coupe oblique

Chap. II - Différents moyens de réalisation des coupes
obliques

Chap. III - Le polytome Massiot

Chap. IV - Définition géométrique et graphique des coupes
obliques

Chap. V - Formation des images et épaisseur de coupe
dans le cas des tomographies obliques

TROISIEME PARTIE : PREUVES EXPERIMENTALES ET APPLICATIONS

Chap. I - Preuve expérimentale de la valeur des tomo-
graphies obliques

Chap. II - Exploration de l'arbre trachéo-bronchique ..

CONCLUSION



**AGEMP
POLYCOPIE**

8, rue Dante

PARIS-V.

Téléphone : ODéon 58-96